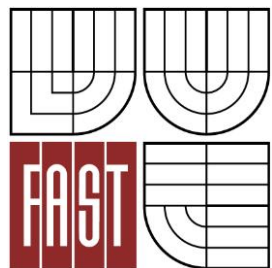




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ OBCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MUNICIPAL WATER MANAGEMENT

## DOMOVNÍ VODOMĚRY

HOUSE WATER METERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

TOMÁŠ ZVEJŠKA

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. JAN RUČKA, Ph.D.

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství obcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Tomáš Zvejška

**Název** Domovní vodoměry

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Jan Ručka, Ph.D.

**Datum zadání  
bakalářské práce** 30. 11. 2013

**Datum odevzdání  
bakalářské práce** 30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013

.....  
doc. Ing. Ladislav Tuhovčák, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

- [1] ČSN EN 14154-1+A2. Vodoměry - Část 1: Všeobecné požadavky. Praha: Český normalizační institut, 12/2011.
- [2] ČSN EN 14154-2+A2. Vodoměry - Část 2: Instalace a podmínky použití. Praha: Český normalizační institut, 12/2011.
- [3] ČSN EN 14154-3+A2. Vodoměry - Část 3: Zkušební metody a zařízení. Praha: Český normalizační institut, 12/2011.
- [4] ČSN 75 5411. Vodovodní přípojky. Praha: Český normalizační institut, 4/2006.
- [5] Vyhláška č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, ve změně pozdějších předpisů, Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.
- [6] Vyhláška č. 334/2000 Sb. kterou se stanoví požadavky na vodoměry na studenou vodu označované značkou EHS, ve změně pozdějších předpisů, Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky.
- [7] Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii.

## **Zásady pro vypracování**

Student zpracuje rešerši aktuálního stavu techniky v oblasti domovních vodoměrů, legislativní úpravy této problematiky v České republice a platných technických norem. Součástí práce bude také laboratorní ověření přesnosti domovních vodoměrů při měření velmi malých průtoků.

## **Předepsané přílohy**

.....

Ing. Jan Ručka, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá přesností měření domovních vodoměrů při velmi nízkých průtocích. Při takto nízkých průtocích dochází k určitým chybám měření. Zatím však není známo, jakých hodnot tyto chyby nabývají. Cílem práce bylo tedy stanovení velikosti těchto chyb. Výsledků bylo dosaženo za pomoci laboratorního měření.

## **Klíčová slova**

Vodoměr, přesnost, chyba, měření, ztráty vody, průtok.

## **Abstract**

Bachelor's thesis is focused to measurement accuracy of House water meters at very low flows. There are some errors during these flows. It's not known what the values of these errors become, yet. The goal of my thesis is assessment of these errors. Results have been achieved through laboratory measurements.

## **Keywords**

Water meters, accuracy, error, measurement, water loss, flow.

Tomáš Zvejška Domovní vodoměry. Brno, 2014. 51 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí. Vedoucí práce Ing. Jan Ručka, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2014

.....

podpis autora  
Tomáš Zvejška

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Ručkovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování projektu.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>- 10 -</b>
1.1	<i>Současný stav problematiky</i>	- 10 -
1.2	<i>Cíl práce</i>	- 12 -
<b>2</b>	<b>Domovní vodoměry</b>	<b>- 13 -</b>
2.1	<i>Účel a funkce vodoměru</i>	- 13 -
2.2	<i>Typy a velikosti vodoměrů</i>	- 13 -
2.2.1	<i>Základní typy vodoměrů</i>	- 13 -
2.2.2	<i>Velikost a rozměry vodoměrů</i>	- 16 -
2.3	<i>Vyměnitelné metrologické jednotky</i>	- 17 -
2.4	<i>Dálkové odečty vodoměrů</i>	- 18 -
2.5	<i>Zachycování nízkých průtoků</i>	- 19 -
<b>3</b>	<b>Technické předpisy upravující problematiku domovních vodoměrů</b>	<b>- 20 -</b>
3.1	<i>Všeobecné požadavky</i>	- 20 -
3.2	<i>Pokyny pro instalaci vodoměrů</i>	- 20 -
3.3	<i>Technické požadavky na umístění vodoměrů</i>	- 21 -
3.4	<i>Podmínky návrhu a dimenzování</i>	- 21 -
3.4.1	<i>Stanovení optimální velikosti vodoměru</i>	- 22 -
3.5	<i>Zkoušení vodoměrů</i>	- 22 -
3.5.1	<i>Stanovení základní chyby</i>	- 23 -
<b>4</b>	<b>Právní úprava problematiky domovních vodoměrů v České republice</b>	<b>- 24 -</b>
4.1	<i>Ověřování a kalibrace měřidel</i>	- 24 -
4.1.1	<i>Postup při schvalování typu stanovených měřidel</i>	- 24 -
4.1.2	<i>Postup při ověřování</i>	- 25 -
4.1.3	<i>Doba platnosti ověření</i>	- 25 -
4.2	<i>Měření dodané vody</i>	- 25 -
4.3	<i>Zabezpečení vodoměru</i>	- 26 -
<b>5</b>	<b>Podlimitní průtoky domovních vodoměrů</b>	<b>- 27 -</b>
5.1	<i>Definice podlimitních průtoků</i>	- 27 -
5.2	<i>Laboratorní pokus</i>	- 27 -
5.2.1	<i>Popis pokusu a zvolená metodika</i>	- 27 -
5.2.2	<i>Referenční podmínky</i>	- 28 -
5.2.3	<i>Použité měřicí zařízení</i>	- 28 -
5.2.4	<i>Schéma měřicí kolony</i>	- 29 -
5.2.5	<i>Postup měření</i>	- 31 -
5.2.6	<i>Vyhodnocení měření</i>	- 31 -
5.2.7	<i>Výsledky měření</i>	- 32 -
5.3	<i>Katalog průtoků</i>	- 44 -



---

<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>- 46 -</b>
<b>7</b>	<b>Použitá literatura</b>	<b>- 47 -</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>- 49 -</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>- 50 -</b>
	<b>Seznam grafů</b>	<b>- 51 -</b>
	<b>Seznam použitých zkratek a symbolů</b>	<b>- 52 -</b>

# 1 ÚVOD

Pro provoz vodovodních řadů, ale i celé vodovodní sítě je důležitou disciplínou měření vody. Měří se množství vody odebrané z vodního zdroje, množství vody vyrobené na úpravně vody, množství dopravované vody do vodojemu, množství odebírané vody z vodojemu a konečně odebrané množství vody z vodovodní sítě jednotlivými odběrateli. Tato měření se provádí vodoměry, které musí pro daný účel splňovat požadované vlastnosti. Mezi tyto vlastnosti patří především velikost vodoměru, správný měřicí rozsah ( $Q_{\min}$ ,  $Q_{\max}$ ), hodnoty provozního tlaku a jeho mezní hodnoty (maximum a minimum), fyzikální a chemické vlastnosti vody, životnost a v neposlední řadě požadovaná přesnost. Přesnost měření vodoměrů do jisté míry ovlivňuje velikost ztrát vody na vodovodní síti. [1]

V této práci se věnuji přesnosti měření domovních vodoměrů při velmi nízkých průtocích, během kterých může docházet k výrazné odchylce průtoku skutečně proteklého od průtoku indikovaného vodoměrem.

## 1.1 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

Z celkového množství vody vyrobené k realizaci se ke spotřebiteli dostává pouze její určitá část. Tato skutečnost je zapříčiněna ztrátami vody, ke kterým dochází na každé vodovodní síti. Sdružení oboru vodovodů a kanalizací ČR (SOVAK ČR) uvádí, že v celostátním měřítku se ztráty vody dlouhodobě pohybují kolem 20% z celkového množství vody, které je vyrobeno k realizaci.

Voda vyrobená k realizaci <b>VVR</b>	Registrovaná spotřeba <b>RS</b>	Registrovaná spotřeba fakturovaná <b>RSF</b>	Registrovaná spotřeba fakturovaná na základě měření spotřeby vody <b>RSFM</b>	Voda zaplacená <b>VZ</b>
			Registrovaná spotřeba fakturovaná bez měření <b>RSFNM</b>	
		Registrovaná spotřeba nefakturovaná <b>RSNF</b>	Registrovaná spotřeba měřená, nezaplacená (dlužníci) <b>RSMN</b>	Voda nezaplacená <b>VNZ</b>
			Veřejné využívání vody: <b>VVV</b>	
	Ztráty vody <b>ZV</b>	Ztráty zdánlivé <b>ZZ</b>	Neměřené odběry <b>ZZ1</b>	
			Chyby v měření <b>ZZ2</b>	
		Ztráty skutečné <b>ZS</b>	Ztráty v zásobních a přiváděcích řadech <b>ZS1</b>	
			Ztráty netěsnostmi a přepady z vodojemů <b>ZS2</b>	
			Ztráty v přípojkách <b>ZS3</b>	

Obrázek 1. Schéma složek vody [2]

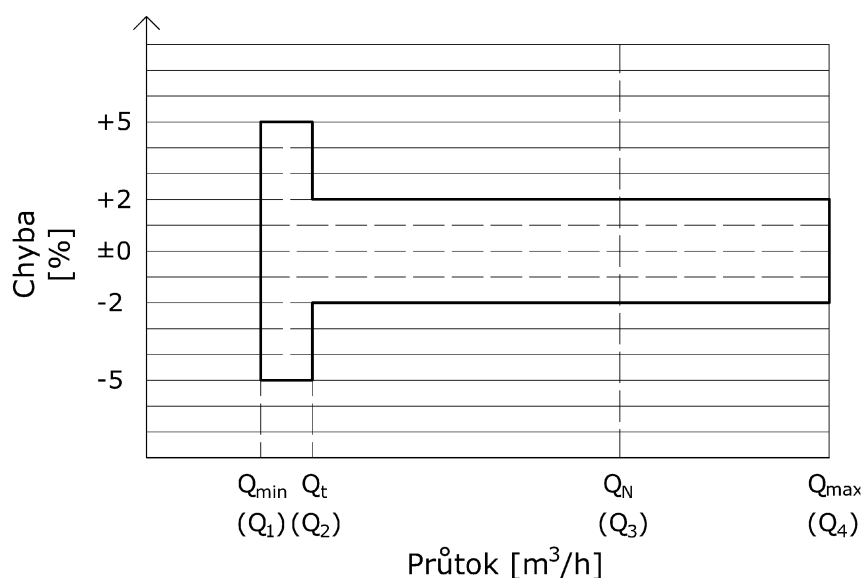
Celkové ztráty vody jsou součtem ztrát zdánlivých a ztrát skutečných. Ztráty skutečné jsou ztráty z důvodu netěsnosti potrubí, tvarovek nebo armatur; z důvodu poruch na vodovodních řadech nebo přepady z vodojemů. Ztráty zdánlivé tvoří neměřené odběry a chyby v měření.

Neměřené odběry jsou ty, které nejsou na vodoměrech zaznamenány. Častými případy těchto odběrů jsou odběry vody z vodovodní přípojky před vodoměrem, v tomto případě není tedy odběr nijak zaznamenán. Patří sem například i odběr vody z veřejného hydrantu pro soukromou spotřebu.

V dnešní době jsou v oblasti měření odběrů vody problémem nelegální zásahy do vodoměrů. Ze zkušeností provozovatelů vodovodních sítí vyplívá, že každý dvoustý domovní vodoměr může být v současnosti vystaven podvodnému útoku. [3] Nejčastější způsob ovlivnění je pokus o zpomalení otáčení vodoměrů za pomoci silných magnetů, které působí na magnetickou spojku uvnitř vodoměru. Měřič pak může ukázat nižší číslo, než jaký byl skutečný odběr.

Další část ztrát vody je způsobena nepřesným měřením vodoměrů. K těmto ztrátám dochází v situaci, kdy vodoměr průtok vody nezaznamená nebo zaznamená průtok menší než je průtok skutečný. K tomu může docházet při poškození vodoměru nebo je-li instalován vodoměr, který nesplňuje požadované vlastnosti pro konkrétní situaci.

Současné vodoměry mají stanovený tak zvaný rozsah průtoků, na kterém musí být schopny měřit průtok s garantovanou přesností. Rozsah průtoků vodoměru je ohraničen průtokem maximálním ( $Q_4$ ) a průtokem minimálním ( $Q_1$ ). Tento rozsah je dále rozdělen do horní a dolní oblasti s odlišnými maximálními dovolenými chybami (**Obrázek 2.**).



Obrázek 2. Křivka chyb vodoměru

Maximální dovolená chyba v dolním rozsahu od  $Q_{\min}$  (včetně) do  $Q_t$  (vyjma), je  $\pm 5\%$ . Maximální dovolená chyba v horním rozsahu od  $Q_t$  (včetně) do  $Q_{\max}$  (včetně), je  $\pm 2\%$ . Vodoměry jsou rozděleny podle výše definovaných hodnot  $Q_{\min}$  a  $Q_t$  do tří metrologických tříd uvedených v následující tabulce. [4]

**Tabulka 1. 1. Metrologické třídy vodoměrů**

Třídy	$Q_n$
	$< 15 \text{ m}^3/\text{hod}$
Třída A	
Hodnota: $Q_{\min}$	$0,04 Q_n$
Hodnota: $Q_t$	$0,10 Q_n$
Třída B	
Hodnota: $Q_{\min}$	$0,02 Q_n$
Hodnota: $Q_t$	$0,08 Q_n$
Třída C	
Hodnota: $Q_{\min}$	$0,01 Q_n$
Hodnota: $Q_t$	$0,015 Q_n$

Vodoměry se podle přesnosti měření dělí do tříd A, B, C. Třída A je nejméně přesná a třída C je nepřesnější. Povinností každého výrobce je uvádět třídu přesnosti měření přímo na ciferník vodoměru.

Problém nastává, protéká-li vodoměrem průtok menší než průtok minimální ( $Q < Q_{\min}$ ). Při takto malých průtocích není voda schopna překonat odpor nebo citlivost vodoměru z důvodu malých rychlostí v potrubí. Při snižování průtoku tedy dochází k narůstání nepřesnosti měřidla, až se nakonec úplně zastaví a neindikuje žádný průtok. Průtok, při kterém se vodoměr zastaví, se označuje jako práh citlivosti vodoměru. Ten však není žádnými normami ani ostatními předpisy definován. V této oblasti podlimitních průtoků není známo, jakých hodnot chyba v měření nabývá.

## 1.2 CÍL PRÁCE

V úvodní části bakalářské práce byla provedena rešerše aktuálního stavu techniky v oblasti domovních vodoměrů, legislativní úpravy této problematiky v České republice a platných norem. Stěžejní částí práce bylo laboratorní měření domovních vodoměrů při podlimitních průtocích a stanovování jejich přesnosti. Podlimitní průtok je takový, jehož hodnota je menší než hodnota minimálního průtoku udávaná výrobcem. Výsledkem tohoto měření jsou tabelární a grafické výstupy, které popisují velikost relativní chyby měření při nízkých průtocích.

## 2 DOMOVNÍ VODOMĚRY

### 2.1 ÚČEL A FUNKCE VODOMĚRU

Domovní vodoměry jsou speciální armatury sloužící k měření množství průtočného objemu vody uzavřeným potrubím. Složí k měření spotřeby pitné vody jednotlivými odběrateli. Vodoměry slouží tedy především jako podklad pro fakturaci za odebranou pitnou vodu. Speciálně domovní vodoměry jsou určeny k instalaci na přípojkách, které zásobují studenou pitnou vodou obyvatelstvo. Ze zákona musí být vodoměr umístěn na každé vodovodní přípojce. Za samotnou instalaci, opravy, určení správného druh a velikosti použitého vodoměru zodpovídá provozovatel vodovodní sítě. Veškeré instalované vodoměry musí vyhovovat podmínkám ČSN EN 14154-1,2,3. [5]



Obrázek 3. Domovní vodoměr  
(ilustrační fotografie)

### 2.2 TYPY A VELIKOSTI VODOMĚRŮ

#### 2.2.1 Základní typy vodoměrů

Vodoměry pro vodárenské účely je možno rozdělit do několika základních kategorií.

I. Podle konstrukce a principu měření průtoku:

- vodoměry rychlostní,
- vodoměry objemové,
- vodoměry průřezové,
- vodoměry speciální.

II. Podle směru proudění vody:

- vodoměry horizontální,
- vodoměry vertikální.

III. Podle pozice u hlediska zákona o metrologii (Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologie, ve znění zákona č. 119/200 Sb.) na:

- pracovní měřidla stanovená,
- pracovní měřidla nestanovená.

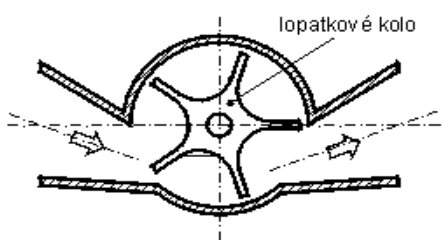
IV. Podle provedení na:

- vodoměry suchoběžné,
- vodoměry mokroběžné.

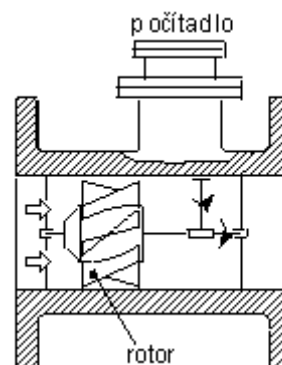
### Konstrukční typy vodoměrů

*Vodoměry rychlostní* mají rotor osazený na vodorovné nebo svislé hřídeli ve vodoměrové komoře, který protékající voda uvádí do pohybu. Počet otáček rotoru, které jsou přímo úměrné množství proteklé vody, jsou přenášeny přes mechanické ústrojí na počítadlo. Podle druhu rotoru se tyto vodoměry dělí na:

- *lopatkové*, které mají lopatkové kolečko s rovnými lopatkami, směr proudění je tangenciální. Patří do kategorie malých vodoměrů se jmenovitým průtokem do  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Lopatkové vodoměry se dále dělí na jednovtokové a vícevtokové podle uspořádání vtoku do vodoměrové komory a na suchoběžné a mokroběžné podle umístění počítadla, s tím, že suchoběžné mají počítadlo mimo tlakový prostor a mokroběžné v tlakovém prostoru,
- *šroubové (Woltmanovy)*, které mají rotor se šroubovitě tvarovanými lopatkami, směr proudění je axiální. Jde o velmi citlivé a také velmi přesné měřící zařízení, jehož velkou výhodou je, že nenavýšuje tlakové ztráty v potrubí, do něhož je vloženo. Patří do kategorie větších vodoměrů se jmenovitým průtokem nad  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .



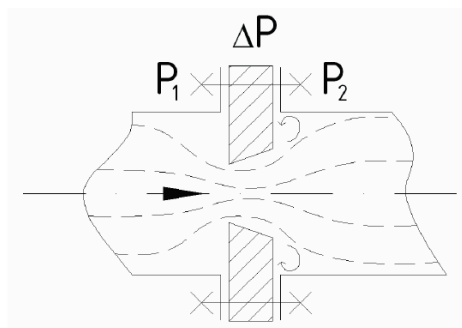
Obrázek 4. Lopatkový vodoměr [6]



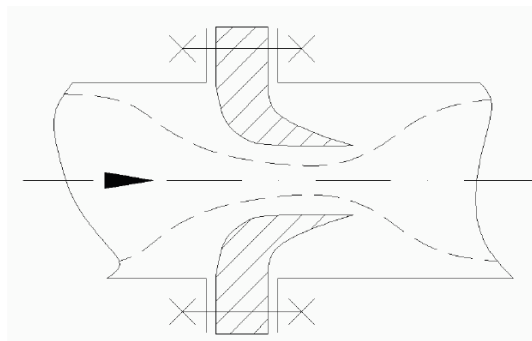
Obrázek 5. Šroubový vodoměr [6]

*Vodoměry objemové* jsou založeny na principu přímého měření objemu proteklé vody počtem naplněných měrných komor známého objemu. Jsou konstrukčně náročnější, dražší, ale jsou značně citlivější na zaznamenávání i malých průtoků. Podle druhu mechanismu, který zajišťuje plnění a prázdnění komor, rozlišujeme objemové vodoměry kroužkové, pístové a diskové.

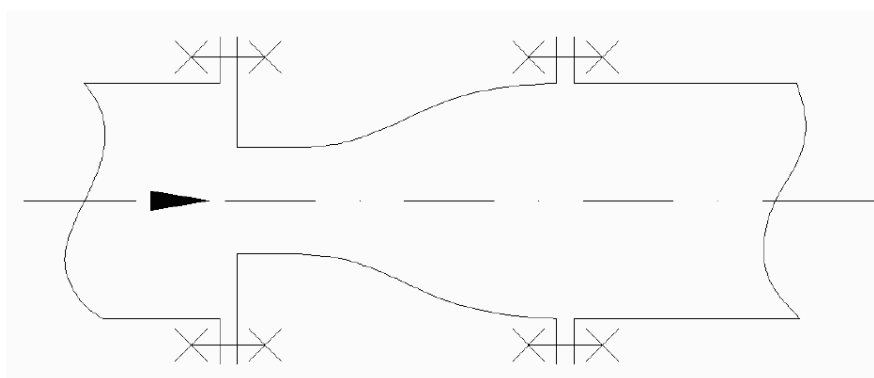
*Vodoměry průřezové* pracují na principu rozdílu rychlostí a tlaků při změně průtočného profilu. Uplatňují se zde základní rovnice hydrauliky – průtokové, kontinuity a Bernoulliho. Podle druhu škrtícího orgánu, který způsobuje zúžení, se dělí na clony, dýzy a Venturiho trubice. Průřezové vodoměry se doporučují pouze pro menší průřezy, jelikož způsobují poměrně značné ztráty tlakové výšky.



Obrázek 6. Clona [5]



Obrázek 7. Dýza [5]



Obrázek 8. Venturiho trubice [5]

Do kategorie *speciálních vodoměrů* se řadí:

- indukční (magneticko indukční) průtokoměry
- ultrazvukové průtokoměry

*Indukční (magneticko indukční) průtokoměry* jsou nepřesnějším druhem měřidel na měření tlakového průtoku. Pracují na snímání indukovaného napětí, které vzniká při pohybu kapaliny v magnetickém poli a které je přímo úměrné střední profilové rychlosti proudění. Tyto vodoměry mají zcela volný průřezový profil bez zúžení a jakýchkoli překážek, takže nezpůsobuje žádnou místní tlakovou ztrátu. Indukční průtokoměr se skládá ze dvou částí, tj. snímače – indukčního čidla, který je zabudován přímo v potrubí a který snímá průtok a převodníku, tzv. řídicí jednotky, která zpracovává, vyhodnocuje a zobrazuje naměřená data. Tyto dvě části mohou tvořit jeden celek nebo mohou být instalovány každá zvlášť a vzájemně propojeny speciálním kabelem.

*Ultrazvukové průtokoměry* pracují na principu rozdílu doby průletu ultrazvukového signálu ve směru pohybu měřeného kapalného média. Průtokoměr se skládá z měřícího úseku se zabudovanými ultrazvukovými sondami a z příslušné vyhodnocovací elektroniky. Vyhodnocovací elektronika zajišťuje napájení čidel a vyhodnocení signálu o průtoku

měřeného kapalného média. Okamžitý měřený průtok a údaj o celkovém proteklém množství jsou zobrazovány na displeji. [5]

## Měřidla z hlediska zákona o metrologii

*Pracovní měřidla stanovená* jsou veškerá měřidla, která s ohledem na význam v obchodně smluvních vztazích podléhají ve smyslu zákona o metrologii pravidelnému ověřování a kalibraci. Jsou to veškeré vodoměry, podle nichž jsou účtovány veškeré platby za množství proteklé vody. Kromě klasických domovních vodoměrů jsou to i vodoměry určené k měření vody předané nebo převzaté a odebírané vody z podzemních nebo povrchových zdrojů, která podléhají zpoplatnění ve smyslu zákona o vodách.

*Pracovní měřidla nestanovená*, tak zvané provozní jsou veškerá ostatní měřidla, která slouží pouze interní potřebě provozovatele. Jsou to například vodoměry v úpravných vod, v čerpacích stanicích a vodojemech. Složí ke sledování a řízení provozu a k indikaci poruch a úniků vody. Tato měřidla nepodléhají povinnému režimu ověřování a kalibraci. Četnost a rozsah kontrol měřidel je zcela v kompetenci vlastníka nebo provozovatele vodovodní sítě. [7]

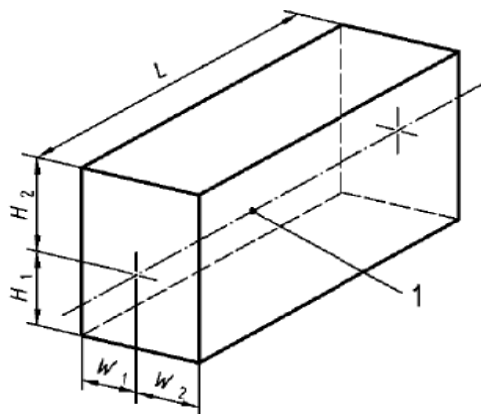
## Provedení vodoměrů

U *suchoběžných* vodoměrů voda protéká skrz komoru kde je umístěna turbína, aniž by se voda dostala do vrchní části vodoměru. Voda je izolována těsnicí mosaznou deskou, která zabraňuje průniku vody do číselníku. Přenos je u tohoto typu zajištěn pomocí magnetické spojky.

*Mokroběžné* vodoměry mají číselníky plné zaplaveny vodou, kde dochází k přímému mechanickému přenosu z turbíny na číselník.

### 2.2.2 Velikost a rozměry vodoměrů

Velikost vodoměru je charakterizována jmenovitým průměrem (DN). Pro každou velikost měřidla existuje odpovídající stanovená řada celkových rozměrů. Rozměry jsou uvedeny v tabulce 2.1. Celkové rozměry měřidla jsou definovány hranolem, do kterého je vodoměr vložen (**Obrázek 9**). Orientace hranolu je určena osou potrubí. Výběr velikosti vodoměru se odvíjí od jmenovité světlosti potrubí vodovodní přípojky. Za výběr správné velikosti vodoměru zodpovídá provozovatel vodovodní sítě. [8]



Obrázek 9. Rozměry měřidla [8]



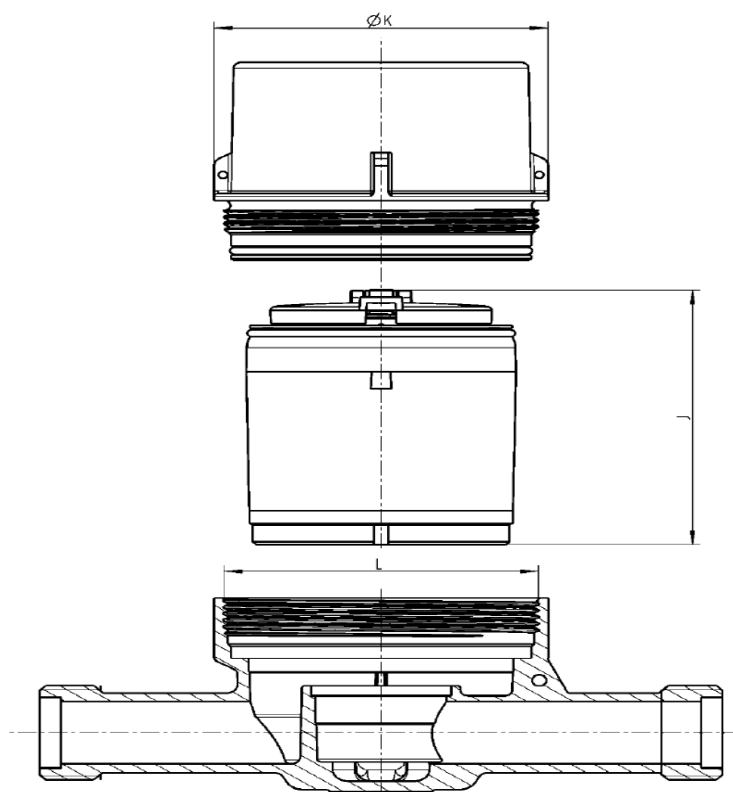
**Tabulka 2. 1. Rozměry měřidla [8]**

Rozměry v mm

DN	L (doporučená)	W <sub>1</sub> , W <sub>2</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>
15	165	65	60	220
20	190	65	60	240
25	260	85	65	260
32	260	85	70	280
40	300	105	75	300

## 2.3 VYMĚNITELNÉ METROLOGICKÉ JEDNOTKY

Podle ČSN EN 14154-1+A2 je vyměnitelná metrologická jednotka definována jako kompaktní jednotka zahrnující měřicí převodník a indikační zařízení nebo alternativně počítadlo včetně indikačního zařízení.



**Obrázek 10. Měřidlo s vyměnitelnou metrologickou jednotkou [8]**

Výhodou vodoměrů s vyměnitelnou hydrologickou jednotou je skutečnost, že při uplynutí doby platnosti ověření měřidla je prováděna pouze výměna samotné měřicí kapsle a samotné pouzdro vodoměru zůstává připojeno k potrubí. To je velice časově i ekonomicky výhodné. [8]

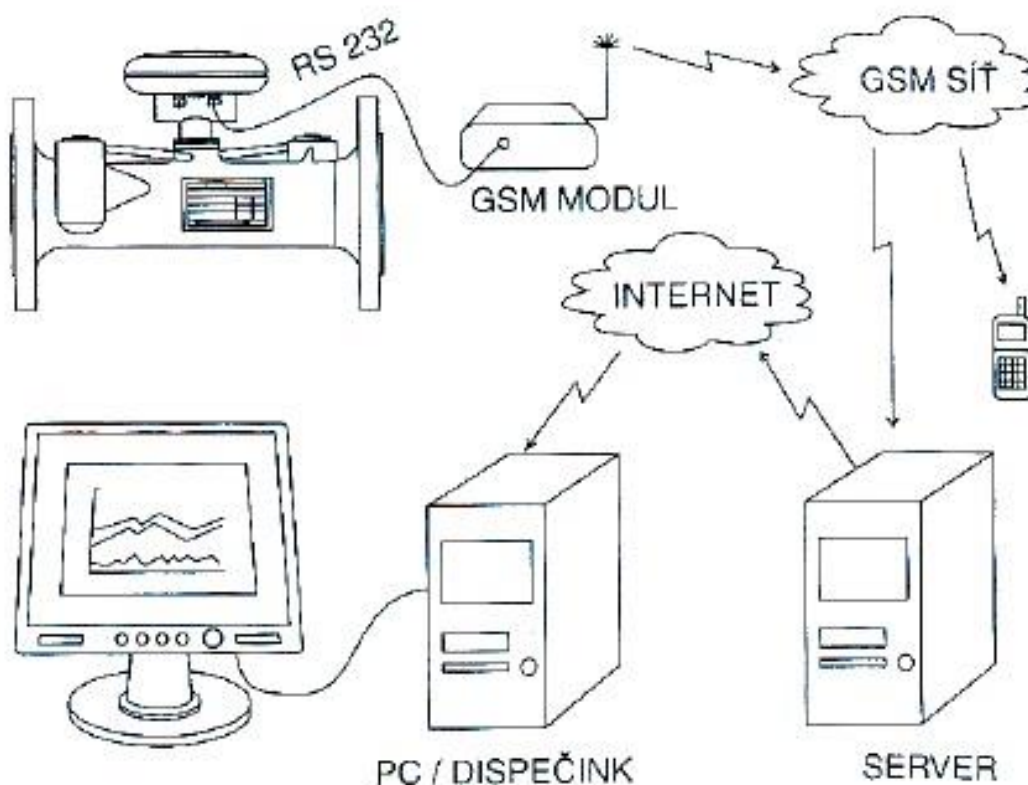
## 2.4 DÁLKOVÉ ODEČTY VODOMĚRŮ

Žijeme v době, ve které dochází k velkému vývoji elektroniky a počítačových systémů. Z tohoto důvodu roste i poptávka po vodoměrech s možností dálkového odečtu. Dnes už není nutná instalace drátových sběrníkových systémů, jako tomu bylo dříve. Stále více výrobců se přiklání k bezdrátovým systémům odečtů. Dálkový bezdrátový odečet je provozován vždy v povoleném pásmu radiových frekvencí. [9]

Díky dálkovému odečítání vodoměru již k tomuto účelu není nadále nutná účast odběratele. Chybějící nebo nesprávné hodnoty ručně odečtených vodoměrů již tedy nejsou problémem. Vodárenská společnost nemusí nadále posílat své pracovníky pro získávání údajů k odběratelům.

Při každém odečtu vodoměr odesílá paket informací, který obsahuje následující údaje:

- aktuální hodnota na počítadle vodoměru,
- stav vodoměru k prvnímu dni aktuálního měsíce; případně rovněž maximální průtok během předchozího úplného měsíce,
- aktivní informační kódy, např. netěsnost,
- informační kódy, které byly aktivní během posledních 30 dní. [10]

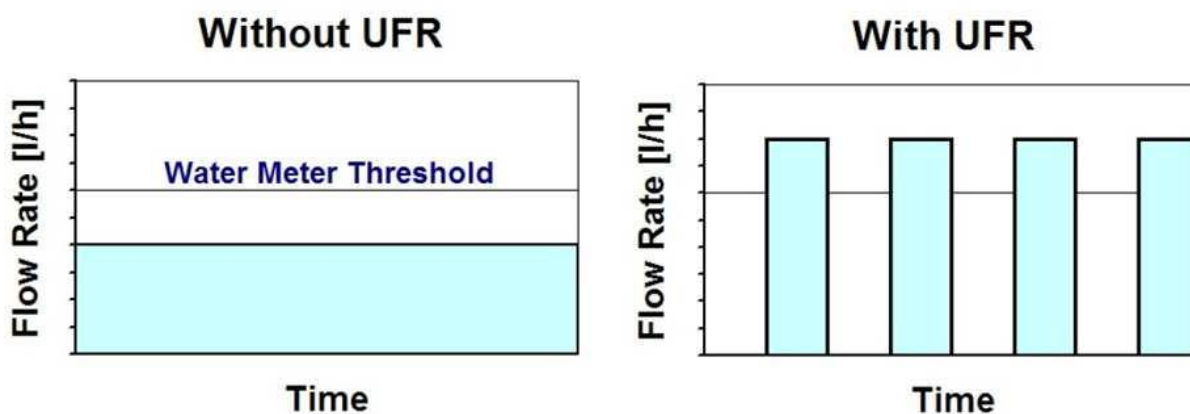


Obrázek 11. Příklad dálkového odečtu vodoměru [5]

## 2.5 ZACHYCOVÁNÍ NÍZKÝCH PRŮTOKŮ

Běžné domovní vodoměry nejsou z technických a konstrukčních důvodů schopné přesně zaznamenat nízké průtoky  $1 - 25 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ . Z hlediska spotřebitele jde o kapající, nebo nedostatečně uzavřené vodovodní baterie, protékající WC, netěsnosti v domácím rozvodu vody. Množství této nefakturované vody se promítá do celkových ztrát vodárenské společnosti a dodavatele vody tak připravuje o příjmy.

UFR neboli Unmeasured Flow Reducer (omezovač neměřitelných průtoků) je jednoduchá zpětná klapka izraelského výrobce A. R. I. Flow Control Accessories Ltd., pro kterou má firma ATJ special, s.r.o. zastoupení na českém trhu. UFR začíná pracovat, když průtok poklesne pod hodnotu  $25 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ , funguje tedy jako zpětná klapka, modulující průtok ve chvílích, kdy se průtok vodoměrem dostane pod měřitelnou mez. Při malých průtocích dělí průtok do dávek, tzv. pulzů, které je vodoměr schopen měřit (**Obrázek 12.**). Naopak v režimech provozu s průtokem nad  $25 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$  zůstává klapka plně otevřena a žádným způsobem neovlivňuje přesnost vodoměru.



Obrázek 12. UFR dělí průtok do dávek <sup>[11]</sup>

## **3 TECHNICKÉ PŘEDPISY UPRAVUJÍCÍ PROBLEMATIKU DOMOVNÍCH VODOMĚRŮ**

### **3.1 VŠEOBECNÉ POŽADAVKY**

Vodoměry jsou citlivá zařízení a podle toho je třeba s nimi zacházet. Před instalací by neměly být vystaveny zbytečné vlhkosti a nízkým teplotám. Vodoměry je nutno skladovat v suchých uzavřených místnostech s teplotou v rozmezí 0 - 30°C. S vodoměrem jako měřicím zařízením je třeba zacházet šetrně, aby se nepoškodil jeho citlivý vnitřní mechanismus. Náležitou pozornost je tedy třeba věnovat přepravě a manipulaci s vodoměry, protože nárazy mohou způsobit jejich znehodnocení.

### **3.2 POKYNY PRO INSTALACI VODOMĚRŮ**

Instalace se řídí příslušnými ustanoveními normy 14154-2+A2 – Vodoměry - Část 2: Instalace a podmínky použití.

- Při instalaci vodoměru nesmí dojít k prudkým nárazům, které by mohly způsobit jeho poškození nebo znehodnocení,
- Samotný vodoměr se usazuje až po vyčištění potrubí, po ukončení stavebních a montážních prací, po propláchnutí potrubí a po vykonání tlakové zkoušky. Při proplachování potrubí a při tlakové zkoušce musí být vodoměr nahrazený odpovídající mezivložkou,
- Instalace musí být provedena v místě, kde je umožněn jednoduchý odečet a zpětná demontáž,
- Během provozu vodoměru nesmí být vystavený otřesům způsobenými potrubím a armaturami. Pokud je to potřebné, je možné vodoměr namontovat na stojan nebo konzoly,
- Vodoměr musí být umístěn tak, aby byl vždy vyplněné vodou a tím byla vyloučena možnost nashromáždění vzduchu ve vodoměru,
- Usazení vodoměru musí být ve směru toku vyznačeném šipkou na pouzdře a ve vodorovné nebo svislé poloze (číselník nahoře nebo svisle),
- Pro přesnost měření je nutné před i za vodoměrem zachovat rovné potrubí (uklidňující délka), tuto délku udává výrobce vodoměru
- Je nutné, aby v potrubí před a za vodoměrem byl vřazen uzavírací kohout příslušné velikosti,
- Pro usnadnění montáže a údržby je možné před a za vodoměrem instalovat uzavírací ventily s možností vypouštění vody na výstupní straně vodoměru,
- Po namontování vodoměru se má voda do potrubí pouštět pomalu tak, aby vycházející vzduch příliš nezvýšil rychlost chodu vodoměru,
- Vodoměr má být chráněn před mimořádně vysokou nebo nízkou teplotou okolního vzduchu, dešťovou nebo kapkající vodou a venkovními účinky koroze,
- Po kontrole těsnosti spojení a funkčnosti vodoměru je třeba provést zaplombování jeho polohy pomocí drátku, a to přes otvor v převlečné matici šroubení na vstupu do vodoměru přes otvor v nálitku tělesa vodoměru (taktéž na vstupu) a tím zamezit jeho případnému neoprávněnému zneužití (samotné počítadlo je již plombováno cejchovnou).

### 3.3 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA UMÍSTĚNÍ VODOMĚRŮ

Vodoměry musí být umístěny na každé vodovodní přípojce a jsou součástí vodoměrné sestavy. Vodoměrná sestava se umísťuje do vodoměrné šachty nebo do přímo do objektu (budovy). Vodoměrná sestava sestává z uzavěru před vodoměrem, vodoměru, uzavěru za vodoměrem (hlavního uzavěru vnitřního vodovodu), ochranné jednotky a vypouštěcí armatury. Mezi vodoměr a uzavěr se navrhuje uklidňující kus trouby o délce podle pokynů výrobce vodoměru. Součástí vodoměrné sestavy může být podle potřeby i mechanický filtr osazený před vodoměrem. Z důvodu ochrany vodoměru před zpětným proudem vody se za vodoměr osazuje zpětná klapka. [12]



Obrázek 13. Příklad vodoměrné sestavy

Povinností odběratele je dodržet podmínky umístění vodoměru stanovené vlastníkem, popř. provozovatelem vodovodu (§17, zákon 274/2001Sb.).

- U podsklepeného objektu, který lícuje s veřejným prostranstvím, se umísťuje vodoměr do sklepních prostorů,
- U podsklepeného objektu, který nelícuje s veřejným prostranstvím, se umísťuje vodoměr do sklepních prostorů v případě, že délka domovní části vodovodní přípojky uložené v soukromém pozemku od hranice připojované nemovitosti je max. 10 m,
- U podsklepeného objektu, který nelícuje s veřejným prostranstvím, se umísťuje vodoměr do vodoměrné šachty v případě, že délka části vodovodní přípojky na soukromém pozemku je delší než 10 m. Vodoměrná šachta musí být umístěna do 2 m za hranicí veřejného prostranství,
- U nepodsklepeného objektu se vodoměr osazuje vždy do vodoměrné šachty, jejíž umístění je shodné s c).

### 3.4 PODMÍNKY NÁVRHU A DIMENZOVÁNÍ

Vodoměr na vodovodní přípojce je ve vlastnictví provozovatele vodovodní sítě. Z tohoto důvodu náleží výběr správného vodoměru provozovateli sítě. Vodoměr volí provozovatel na základě žádosti instalátéra, který zná údaje o průtoku vody v objektu. Při uvedení vnitřního vodovodu do provozu uvádí instalatér údaje o průtoku vody potřebném pro danou budovu. Podle těchto údajů provozovatel vodovodu zvolí velikost vodoměru. Aby nedošlo k výběru špatné velikosti, musí odborník prověřit, zda byla velikost vodoměru zvolena správně.

### 3.4.1 Stanovení optimální velikosti vodoměru

Optimální velikost vodoměru, kterým je měřeno množství vody pro fakturaci, vychází z odebíraného množství vody, stanoveného na základě ČSN 75 5455 – Výpočet vnitřních vodovodů, podle instalovaných výtokových armatur v objektu. V souladu se skutečností se zde nepředpokládá současné používání všech zařizovacích předmětů. Hodnoty jmenovitých výtokových množství osazených armatur jsou podle charakteru zásobovaného objektu použity pro stanovení statisticky významného průtoku.

#### Postup návrhu

U budov určených k bydlení se průtok vodoměr vypočítá ze vzorce 1:

$$Q_{MAX} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (Q_A^2 \times n_i)} \quad [l \cdot s^{-1}]^{[13]} \quad (1)$$

kde  $Q_{MAX}$  maximální průtok vodoměrem  $[l \cdot s^{-1}]$

$Q_A$  jmenovité výtoky pro výtokové armatury zařizovacích předmětů  $[l \cdot s^{-1}]$

$n_i$  počet výtokových armatur stejného typu

Pro stanovení velikosti vodoměru platí vztah 2:

$$Q_N = \frac{1}{2} Q_{MAX} \quad [m^3 \cdot hod^{-1}]^{[13]} \quad (2)$$

kde  $Q_{MAX}$  maximální průtok vodoměrem  $[m^3 \cdot hod^{-1}]$

$Q_N$  jmenovitý průtok vodoměru  $[m^3 \cdot hod^{-1}]$

Nejmenší velikost osazovaného fakturačního vodoměru je  $Q_N = 1,5 \, m^3 \cdot hod^{-1}$ . [18]

Tabulka 3. 1. Velikosti vodoměru <sup>[13]</sup>

Velikost vodoměru $Q_N [m^3 \cdot hod^{-1}]$	1,5	2,5	3,5	6,0	10,0
--	-----	-----	-----	-----	------

## 3.5 ZKOUŠENÍ VODOMĚRŮ

Při zkoušení vodoměrů musí být dodrženy referenční podmínky. Mezi tyto podmínky patří umístění vodoměru, kvalita vody, tlak vody, teplota a průtok.

Zkoušky vodoměrů musí být prováděny pitnou vodou z veřejného zdroje nebo musí plnit stejné požadavky. Voda nesmí obsahovat cokoli, co je schopné poškodit měřidlo nebo nepříznivě ovlivnit jeho činnost. Voda nesmí obsahovat vzduchové bubliny.

Tlak vody před měřidlem se nesmí během zkoušky měnit o více než 10 % a tlak na vstupu do měřidla nesmí překročit hodnotu maximálního povoleného tlaku pro dané měřidlo. Maximální nejistota měření tlaku musí být  $\pm 5 \%$  měřené hodnoty.

Teplota vody se během zkoušky nesmí měnit o více než 5 °C. Maximální nejistota měření teploty musí být  $\pm 2 \text{ °C}$ .

Relativní změna průtoku během jedné zkoušky nesmí překročit  $\pm 2 \%$  z  $Q_{\min}$  až  $Q_t$  (vyjma) a  $\pm 5 \%$  z  $Q_t$  (včetně) až  $Q_{\max}$  (včetně).

Měřidla jsou zkoušena buď jednotlivě, nebo ve skupinách. V případě zkoušení měřidel ve skupinách musí být přesně určeny individuální vlastnosti měřidla. Musí být také eliminováno veškeré vzájemné ovlivňování.

### **3.5.1 Stanovení základní chyby**

Cílem této zkoušky je ověření, že měřidlo vyhovuje požadavkům z hlediska přesnosti měření.

Metoda pro stanovení chyby měřidla je tak zvaná „sběrná“ metoda, při níž se množství vody protékající vodoměrem shromažďuje v jedné nebo více sběrných nádobách a její množství se stanoví objemově nebo vážením.

Kontrola chyb spočívá v porovnání indikací objemů udávaných měřidlem a kalibrovaným referenčním zařízením za referenčních podmínek.

Poloha měřidel (směr proudění) musí být udána výrobcem a měřidlo musí být nainstalováno ve zkušebním zařízení tak, jak náleží. Jsou-li měřidla označena „H“, spojovací potrubí se pro zkoušku montuje s osou proudění v horizontální rovině. Jsou-li měřidla označena „V“, spojovací potrubí se pro zkoušku montuje s osou proudění ve vertikální rovině. Tolerance polohy osy proudění pro všechna měřidla, jak horizontální, tak vertikální musí být  $\pm 5 \%$ . [18]

## **4 PRÁVNÍ ÚPRAVA PROBLEMATIKY DOMOVNÍCH VODOMĚRŮ V ČESKÉ REPUBLICE**

### **4.1 OVĚŘOVÁNÍ A KALIBRACE MĚŘIDEL**

Ověřováním měřidla se potvrzuje, že měřidlo má požadované metrologické vlastnosti a že odpovídá ustanovení právních předpisů, technických norem i dalších technických předpisů. Postup při ověřování stanovených měřidel stanoví ministerstvo vyhláškou. O ověření stanoveného měřidla vydá Český metrologický institut ověřovací list nebo měřidlo opatří úřední značkou. Náležitosti ověřovacího listu a grafickou podobu úřední značky stanoví ministerstvo vyhláškou. [7][12]

Před uvedením stanovených měřidel do oběhu má jejich výrobce povinnost zajistit jejich prvotní ověření. Organizace provádějící montáž měřidel do měřicího systému má povinnost zajistit metrologickou zkoušku celého systému. [7]

#### **4.1.1 Postup při schvalování typu stanovených měřidel**

Žádost o schválení typu pracovního měřidla stanoveného podávaná u Českého metrologického institutu obsahuje:

- a) identifikační údaje o žadateli (jméno a příjmení, trvalý pobyt, místo podnikání a identifikační číslo fyzické osoby nebo obchodní jméno, sídlo a identifikační číslo právnické osoby),
- b) identifikační údaje o výrobcí, pokud není současně žadatelem,
- c) název stanoveného měřidla a jeho použití,
- d) údaje o deklarovaných metrologických parametrech,
- e) další náležitosti, pokud jsou obsaženy ve vyhláškách ministerstva, kterými se stanoví požadavky na jednotlivé druhy stanovených měřidel.

Žádost se doplňuje o dokumenty, které jsou nutné pro provedení technické zkoušky a její vyhodnocení. Jedná se o popis:

- a) konstrukce a činnosti,
- b) ochranného opatření zajišťujícího správnou činnost,
- c) prvků pro ovládání a nastavení,
- d) navrhovaného umístění úředních značek,
- e) nákresy obecného uspořádání, a kde je třeba, i podrobné nákresy důležitých částí,
- f) schematický nákres znázorňující principy činnosti, a kde je třeba, také fotografii.

Na výzvu institutu doloží žadatel dokumenty týkající se předchozích certifikátů, případně certifikátů vydaných metrologickým orgánem země výrobce. Institut posuzuje dokumenty a provádí zkoušku metrologických vlastností daného typu stanoveného měřidla nebo pomocného zařízení ve svých laboratořích, v jím schválených laboratořích, v prostorách výrobce anebo v místě dodávky nebo instalace stanoveného měřidla. Zkouška se týká celé činnosti daného typu stanoveného měřidla za normálních podmínek použití, za nichž si musí stanovené měřidlo uchovat požadované metrologické vlastnosti. Vzorky stanovených měřidel se po provedení zkoušek vracejí žadateli, pokud není dohodnuto jinak. Vzorky se vracejí ve stavu, v jakém jsou po zkouškách. Institut může požadovat, aby žadatel zajistil uložení vzorku měřidla, který byl posuzován při schvalování typu měřidla, po dobu platnosti certifikátu o schválení typu.



### 4.1.2 Postup při ověřování

Místem pro uplatnění požadavku na ověření stanoveného měřidla je buď územně příslušné pracoviště institutu, nebo autorizované metrologické středisko, které je pro požadovaný výkon autorizováno.

Institut nebo metrologické středisko, které je pro požadovaný výkon autorizováno, určí místo, kde se ověřování stanovených měřidel provádí, což je zejména vlastní laboratoř institutu nebo místo instalace stanovených měřidel; dále může v případech, kdy je to účelné, stanovit hromadné ověřování, při kterém se využívá vyhodnocení výsledků výběru ověřovaných stanovených měřidel na základě statistických metod. [14]

### 4.1.3 Doba platnosti ověření

Doba platnosti ověření stanoveného měřidla, které slouží k měření proteklého množství studené pitné vody je 6 let. Doba platnosti se počítá od začátku kalendářního roku následujícího po roce, v němž bylo ověření stanoveného měřidla provedeno. Skončí-li doba platnosti je nutné měřidla opravit, ověřit nebo vyměnit za nové.

Platnost ověření stanoveného měřidla zaniká jestliže:

- a) uplynula doba platnosti jeho ověření,
- b) byly provedeny změny nebo úpravy stanoveného měřidla, jež mohou ovlivnit jeho metrologické vlastnosti,
- c) stanovené měřidlo bylo poškozeno tak, že mohlo ztratit některou vlastnost rozhodnou pro jeho ověření,
- d) byla znehodnocena, popřípadě odstraněna úřední značka, nebo
- e) je zjevné, že i při neporušeném ověření stanoveného měřidla ztratilo toto stanovené měřidlo požadované metrologické vlastnosti.[14]

Po uplynutí funkčního období je nezbytné měřidla důkladně opravit, vyčistit ve speciálním roztoku odstraňujícím nánosy a usazeniny vodního či kotelního kamene, vyměnit nezbytné náhradní díly a přetěsnit. Jedině takováto důkladná a profesionální oprava s následným ověřením metrologických vlastností je zárukou další dobré měřicí funkce po další období. [14]

## 4.2 MĚŘENÍ DODANÉ VODY

Množství dodané vody měří provozovatel vodoměrem, který je stanoveným měřidlem podle Vyhlášky č. 334/2000 Sb. Jiný způsob určení množství dodané vody může stanovit v odůvodněných případech pouze vlastník vodovodu, popřípadě provozovatel vodovodu, pokud je k tomu vlastníkem zmocněn, a to se souhlasem odběratele. Vodoměrem registrované množství dodané vody nebo jiným způsobem určené množství dodané vody je podkladem pro vyúčtování dodávky (fakturaci) vody.

Vlastníkem vodoměru je vlastník vodovodu, s výjimkou případů, kdy přede dnem nabytí účinnosti zákona se prokazatelně stal vlastníkem vodoměru provozovatel vodovodu.

Osazení, údržbu a výměnu vodoměru provádí provozovatel. Jeho povinností je oznámit odběrateli výměnu vodoměru alespoň 15 dní předem, současně s vymezením času v rozsahu maximálně 3 hodin, a to i v případě, že vodoměr je pro provozovatele přístupný bez účasti odběratele, pokud se s vlastníkem nedohodne jinak. Přítomnému odběrateli se současně s výměnou předává potvrzení obsahující zaznamenaný stav měření odebraného vodoměru a u nově osazeného vodoměru jeho číslo, zaznamenaný stav a termín, do kterého musí být vyměněn.

Odběratel má právo zajistit si na vlastní náklady metrologickou zkoušku vodoměru na místě instalace, a to nezávislým měřidlem, připojeným na odbočení s uzavěrem za osazeným vodoměrem na potrubí vnitřního vodovodu před jeho prvním rozdělením. Tuto zkoušku provede za přítomnosti provozovatele vodovodu na základě smlouvy s odběratelem Český metrologický institut, pokud to vnitřní vodovod umožňuje. Zjistí-li se odchylka větší, než připouští Vyhláška č. 334/2000 Sb., vodoměr se považuje za nefunkční a stanovení množství dodané vody se v tom případě provádí podle skutečného odběru ve stejném období roku předcházejícímu tomu období, které je předmětem reklamace nebo žádosti o přezkoušení vodoměru. Je-li vodoměr považován za nefunkční, hradí náklady spojené s jeho výměnou a přezkoušení provozovatel.

Povinností odběratele je dodržet podmínky umístění vodoměru stanovené vlastníkem, popřípadě provozovatelem vodovodu. Pokud vnitřní vodovod nevyhovuje požadavkům pro montáž vodoměru, je odběratel povinen na písemné vyzvání provozovatele provést v přiměřené lhůtě potřebné úpravy na připojované stavbě nebo pozemku. Odběratel je povinen umožnit provozovateli přístup k vodoměru, chránit vodoměr před poškozením a bez zbytečného odkladu oznámit provozovateli závady v měření. Jakýkoliv zásah do vodoměru bez souhlasu provozovatele je nepřípustný a provozovatel má právo jednotlivé části vodoměru zajistit proti neoprávněné manipulaci. [17]

### **4.3 ZABEZPEČENÍ VODOMĚRU**

Před instalací musí být vodoměr vybaven ochrannými prostředky, které lze zapečetit takovým způsobem, aby se zajistilo, že před správnou instalací vodoměru a po ní nebude možné vodoměr odmontovat nebo změnit. [4]

K těmto ochranným prostředkům patří především plombování. Vodoměry se plombují závěsnou olověnou plombou, popřípadě plastovou objímkou, zabraňující jakoukoliv nežádoucí manipulaci s vodoměrem. Závítové vodoměry se plombují přes převlečnou matici šroubení, přírubové vodoměry se plombují přes otvor a plombovací matici přes přírubu. Z montážní plomby musí být jasně čitelné údaje, kdo vodoměr instaloval a plomboval a rok montáže.

## **5 PODLIMITNÍ PRŮTOKY DOMOVNÍCH VODOMĚRŮ**

### **5.1 DEFINICE PODLIMITNÍCH PRŮTOKŮ**

Podlimitní průtok je takový, jehož hodnota je menší než hodnota minimálního průtoku vodoměru. Dle ČSN EN 14154-1+A2 je minimální průtok definován jako nejnižší průtok, při kterém je požadovaná činnost vodoměru v mezích největší dovolené chyby. Je to tedy nejmenší průtok, při kterém má vodoměr stále garantovanou hodnotu největší dovolené chyby. Vodoměr má tedy při tomto průtoku stále požadovanou přesnost. Dá se předpokládat, že snižováním průtoku pod hranici minimálního průtoku bude docházet k narůstání chyby měření. Zatím však není známo, jak velkým chybám měření bude při takto malých průtocích docházet. Proto je předmětem této práce stanovení přesnosti měření vodoměrů při těchto průtocích.

Vodoměr se může dopouštět dvou druhů chyb měření. To je dáno znaménkem chyby měření. Není-li dáno jinak, tak chyba se znaménkem plus říká, že vodoměr indikuje objem větší než je skutečný proteklý objem. Naopak dopouští-li se chyby, která nese znaménko mínus, tak vodoměr indikuje menší objem, než je skutečný proteklý objem. Právě chyba se znaménkem mínus ovlivňuje velikost ztrát ve vodovodní síti. Toto však platí pro všechny typy a velikosti vodoměrů. Nemusí se tedy nutně jednat jen o vodoměry domovní, ale i o vodoměry, které měří například odběry vody z vodojemu. U těchto vodoměrů může při nesprávném určení jejich velikosti docházet v nočních hodinách při minimálních odběrech k velkým nepřesnostem měření a tedy i k velkým ztrátám vody, které budou mnohonásobně vyšší než u vodoměrů domovních.

### **5.2 LABORATORNÍ POKUS**

#### **5.2.1 Popis pokusu a zvolená metodika**

Stanovení základní chyby měřidla probíhala dle ČSN EN 14154 – 3+A2 (článek 5.3 – Stanovení základní chyby). Zde popsána metoda je tak zvaná „sběrná metoda“.

Sběrná metoda spočívá v tom, že veškeré množství vody protékající vodoměry je shromažďováno v jedné nebo více sběrných nádobách a její množství se stanoví objemově. K tomuto účelu byla sestavena kolona domovních vodoměrů, která je popsána v kapitole 3.4. Přes tuto kolonu byl pouštěn požadovaný průtok vody, který byl nastavován pomocí uzavíracího kohoutu. Veškeré proteklá voda touto kolonou byla zachycována do kalibrovaných sběrných nádob, kde bylo objemově změřeno její množství. Zároveň bylo na každém z vodoměrů zaznamenáváno proteklé množství vody neboli indikovaný objem.

Stanovení relativní chyby měření spočívá v porovnávání objemu skutečného a objemu indikovaného vodoměrem. Kolona byla měřena ve třech tlakových pásmech, a sice 2,0 bar; 3,0 bar; 4,0 bar a na každém z těchto pásem bylo provedeno měření nejméně pro osm různých průtoků.

### 5.2.2 Referenční podmínky

Všechny vhodné ovlivňující veličiny, musely být během zkoušek vodoměrů udržovány v následujících hodnotách:

- Pracovní teplota vody  $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- Rozsah okolní teploty  $15^{\circ}\text{C}$  až  $25^{\circ}\text{C}$
- Rozsah okolní relativní vlhkosti 45 % až 75 %
- Rozsah okolního atmosférického tlaku 86 kPa až 106 kPa
- Tolerance polohy osy proudění  $\pm 5^{\circ}$

Všechny tyto podmínky byly během měření splněny, výsledky měření tedy nebyly nijak ovlivněny. [18]

### 5.2.3 Použité měřicí zařízení

Pro samotné měření byly k dispozici čtyři sady domovních vodoměrů. Každá měřicí sada obsahovala deset kusů vodoměrů zařazených do kolony. Jednotlivé vlastnosti vodoměrů jsou popsány v tabulkách níže. Jedná se o mokroběžné lopatkové vodoměry o jmenovité světlosti 3/4", pro měření vody do teploty  $40^{\circ}\text{C}$ .

**Tabulka 5. 1. Vlastnosti sady č. 1**

Počet kusů	Poloha měřidla	Hydrologická třída	Stáří	$Q_n$	$Q_{min}$
10	Horizontální	B	5 let	2,5 m <sup>3</sup> /hod	0,05 m <sup>3</sup> /hod

**Tabulka 5. 2. Vlastnosti sady č. 2**

Počet kusů	Poloha měřidla	Hydrologická třída	Stáří	$Q_n$	$Q_{min}$
5	Horizontální	B	5 let	2,5 m <sup>3</sup> /hod	0,05 m <sup>3</sup> /hod
5	Horizontální	B	5 let	1,5 m <sup>3</sup> /hod	0,03 m <sup>3</sup> /hod

**Tabulka 5. 3. Vlastnosti sady č. 3**

Počet kusů	Poloha měřidla	Hydrologická třída	Stáří	$Q_n$	$Q_{min}$
10	Horizontální	B	0 let	2,5 m <sup>3</sup> /hod	0,05 m <sup>3</sup> /hod

**Tabulka 5. 4. Vlastnosti sady č. 4**

Počet kusů	Poloha měřidla	Hydrologická třída	Stáří	$Q_n$	$Q_{min}$
10	Horizontální	B	0 let	2,5 m <sup>3</sup> /hod	0,05 m <sup>3</sup> /hod

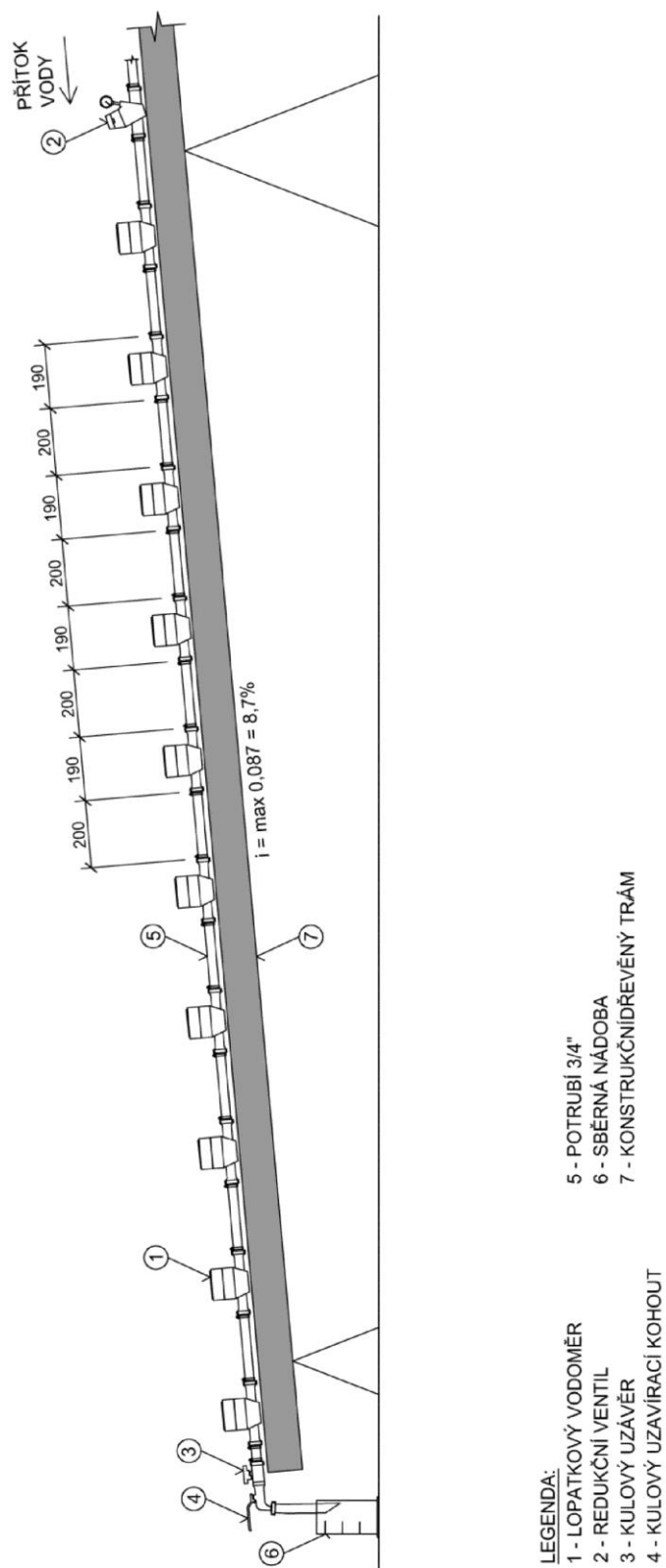
### 5.2.4 Schéma měřicí kolony

Měřicí kolona tedy obsahovala deset kusů do série napojených vodoměrů. Vodoměry byly osazeny ve směru toku vyznačeném šipkou na pouzdře. Tyto vodoměry byly připojeny plastovým potrubím, které musí mít jmenovitou světlost vodoměru, tedy  $\frac{3}{4}$ ". Toto potrubí sloužilo nejen ke spojení jednotlivých vodoměrů, ale také jako uklidňovací kusy mezi jednotlivými vodoměry. Uklidňující délky uvádí výrobce vodoměru. V tomto případě se uklidňující délky doporučují následovně: minimálně 3x DN před a 1x DN za vodoměrem.

Vodoměr nesmí být vystaven otřesům. Z tohoto důvodu bylo vodovodní potrubí připevněno k podkladnímu trámci pomocí plastových upínáků.

Na úplném začátku celé kolony byl osazen regulační ventil, díky němuž bylo možno nastavit požadovanou hodnotu tlaku vody tekoucí do kolony. Na druhém konci kolony byl osazen kulový uzávěr, který pracoval v poloze otevřeno/zavřeno. Pomocí tohoto kulového uzávěru byly spouštěny a ukončovány jednotlivá měření. Za kulovým uzávěrem byl osazen uzavírací kohout, pomocí kterého byl nastavován požadovaný průtok přes kolonu.

Celá kolona byla osazena v mírném sklonu, který byl v toleranci polohy osy proudění pro horizontální měřidla a sice 8,7%



Obrázek 14. Schéma měřicí kolony

### 5.2.5 Postup měření

Měření bylo prováděno na čtyřech sadách vodoměrů. U všech těchto sad byl postup měření totožný.

Po sestavení měřicí kolony a před samotným měřením bylo nutné provést nezbytné přípravy. Prvním krokem bylo napuštění kolony vodou. Napouštění bylo prováděno pomalu, aby nedošlo k poškození jednotlivých vodoměrů při rychlém průletu vzduchu potrubím. Po naplnění celého potrubí a zaplavení vodoměrných komor vodou bylo provedeno odvzdušnění potrubí z důvodu zbavení se zbývajících vzduchu v potrubí, který by mohl poškodit vodoměry nebo znehodnotit měření.

Následně byla provedena tlaková zkouška potrubí. Tlaková zkouška probíhala dle ČSN 75 5911 (článek 9.4 Tlakové zkoušky vodovodních přípojek). Zkušební tlak je podle této normy stanoven jako 1,3 násobek maximální hodnoty tlaku vody během provozu. Je-li tedy maximální hodnota tlaku během měření 4,0 barů, tak zkušební tlak vychází 5,2 barů. V normě je také udáno, že zkušební tlak musí být udržován po dobu deseti minut. Zkouška se dá konstatovat za splněnou, nedojde-li během ní k viditelným únikům vody a poklesu tlaku v potrubí. Tlaková zkouška se prováděla vždy při výměně sady vodoměrů. Celkem tedy byly provedeny čtyři tlakové zkoušky. Během všech tlakových zkoušek nedošlo k žádným viditelným únikům vody ani poklesu tlaku v koloně. Zkoušky byly tedy úspěšně splněny.

Samotné měření nebylo zvláště složité nicméně časově velice náročné. Na začátku měření byl pomocí regulačního ventilu nastaven požadovaný tlak vody. Dalším krokem bylo nastavení uzavíracího kohoutu tak, aby jím protékal požadovaný průtok. Následně byly na cifernících jednotlivých vodoměrů odečteny dosud indikované objemy vody a tyto hodnoty byly zaznamenány do tabulek. Poté byl kulový uzávěr nastaven do polohy „otevřeno“ a ve stejném okamžiku byly spuštěny elektronické stopky. Voda proteklá přes měřicí kolonu byla shromažďována ve sběrných nádobách a její množství bylo určeno objemově.

Po nashromáždění alespoň deseti litrů vody ve sběrných nádobách nebo uplynutí doby minimálně patnácti minut byl uzavírací kohout uzavřen a stopky byly zastaveny. Posledním krokem měření bylo odečtení změn hodnot indikovaného objemu na cifernících vodoměrů.

### 5.2.6 Vyhodnocení měření

Cílem vyhodnocení bylo stanovení relativní chyby měření jednotlivých vodoměrů při daném průtoku. Vyhodnocení spočívalo v porovnání skutečně proteklého objemu vody a objemu indikovaném na vodoměru. Tohoto bylo docíleno pomocí výpočetních tabulek, ve kterých byly zaznamenány hodnoty z laboratorního měření. Výsledky měření byly zaneseny do grafů. Vyhodnocení bylo provedeno v programu MS Excel.

## Výpočet průtoku

Průtok byl pro celou kolonu, tedy pro všechny vodoměry během jednoho měření totožný. Výpočet průtoku byl proveden dle objemové rovnice:

$$Q = \frac{V_a}{t} [l \cdot s^{-1}] \quad (3)$$

kde  $V_a$ ...Skutečný objem [l]  
 $t$ ...Doba měření [s]

## Relativní chyba, $\varepsilon$

Zatímco průtok byl pro všechny vodoměry během jednoho měření totožný, relativní chyba se určí pro jednotlivé vodoměry zvlášť. Relativní chyba je vyjádřena v procentech a je rovna:

$$\varepsilon = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100[\%]^{[8]} \quad (4)$$

kde  $V_a$ ...Skutečný objem [m<sup>3</sup>]  
 $V_i$ ...Indikovaná objem [m<sup>3</sup>]

Důležité je znaménko chyby. Má-li v tomto případě znaménko zápornou hodnotu, znamená to, že vodoměr indikoval objem menší než je objem skutečný a naopak.

Relativní chyba popisuje procentuální odchylku průtoku skutečného a průtoku indikovaného. Například: nashromáždí-li se ve sběrné nádobě 10 litrů vody, ale vodoměr indikuje pouze 4 litry vody tak skutečná chyba měření bude 6 litrů a relativní chyba měření bude - 60,0 %.

### 5.2.7 Výsledky měření

Výsledkem měření jsou grafické výstupy, které popisují závislost relativní chyby na průtoku. Na vodorovné ose grafu je vynesena hodnota průtoku v litrech za hodinu. Na svislé ose je vynesena relativní chyba měření v procentech.

V každém grafu jsou vyneseny vždy tři křivky. Modrá křivka zobrazuje vodoměr s největší chybou měření, tedy vodoměr nejméně přesný. Naopak červená křivka zobrazuje vodoměr s nejmenší chybou, jedná se tedy o vodoměr nejpřesnější. Nakonec zelená křivka vyobrazuje chybu, určenou jako aritmetický průměr chyb na všech vodoměrech v dané koloně.

V grafu je také vynesena svislá tlustá čárkovaná osa, která zobrazuje hranici minimálního průtoku. Nás tedy zajímá oblast nalevo od této křivky.

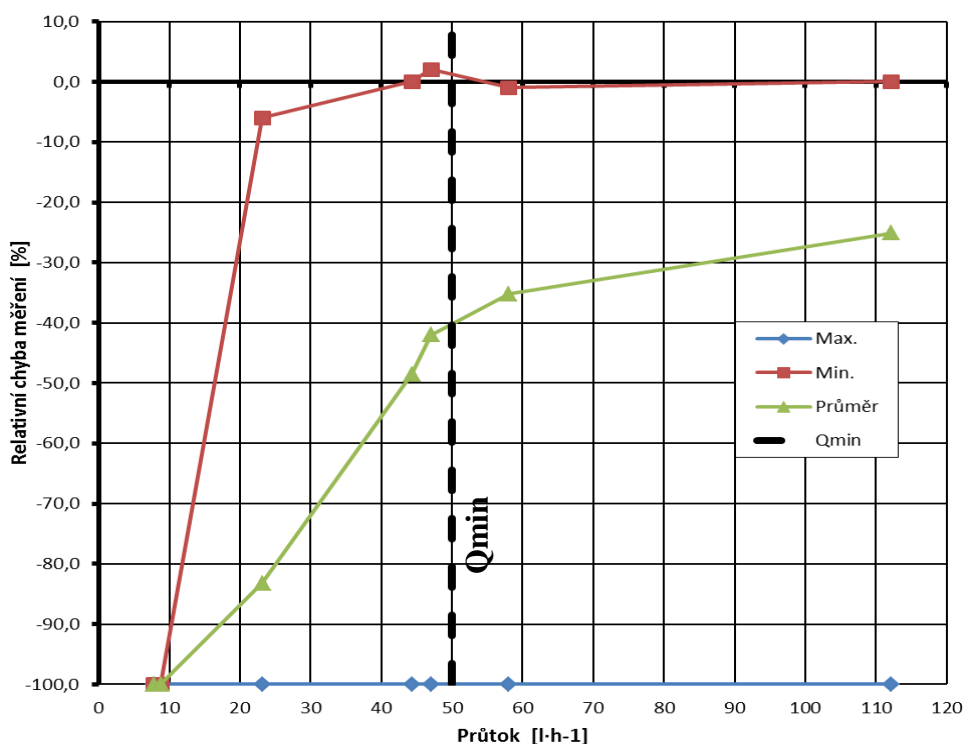


## 1. sada vodoměrů

<b>Provozovatel:</b>	1.sada_2bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H, různé typy, stáří 5 let	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b> $Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$		<b>Minimální průtok:</b> $Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	

**Tabulka 5. 5. Výsledky pro sadu č. 1 při tlaku 2,0 bar**

Průtok	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
[ l·h <sup>-1</sup> ]	[ % ]										[ % ]		
8	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
9	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
23	-100	-65	-100	-100	-100	-100	-98	-100	-63	-6	-100	-6	-83
44		-5	-100	-100	-100	-10	-8	-100	-14	0	-100	0	-49
47		-12	-100		-100	-7	-8	-99	-12	2	-100	2	-42
58	-22	-18	-100	-2	-100	-3	-1	-100	-7	1	-100	-1	-35
112	-5	2	-100	-2	-45	-1	-1	-100	0	1	-100	0	-25

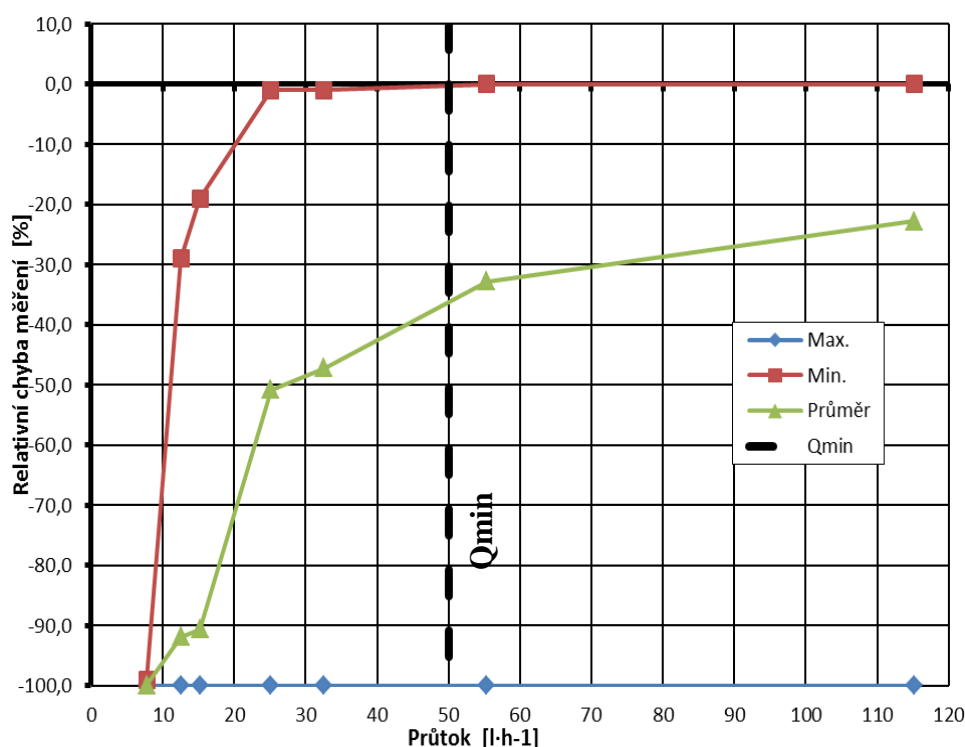


**Graf 5. 1. Výsledky měření 1. sady při tlaku 2,0 bar**

<b>Provozovatel:</b>	1.sada_3bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H, různé typy, stáří 5 let	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Tabulka 5. 6. Výsledky pro sadu č. 1 při tlaku 3,0 bar

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
8	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-99	-100	-99	-100
13	-100	-100	-100	-100	-100	-98	-92	-100	-100	-29	-100	-29	-92
15	-99	-98	-100	-100	-100	-100	-90	-100	-100	-19	-100	-19	-91
25	-100	-23	-100	-28	-100	-5	-1	-100	-46	-5	-100	-1	-51
33	-99	-16	-100	-13	-100	-10	-4	-100	-29	-1	-100	-1	-47
55	-24	0	-100	-4	-100	2	3	-100	-6	1	-100	0	-33
115	-2	2	-100	0	-34	1	2	-100	1	2	-100	0	-23



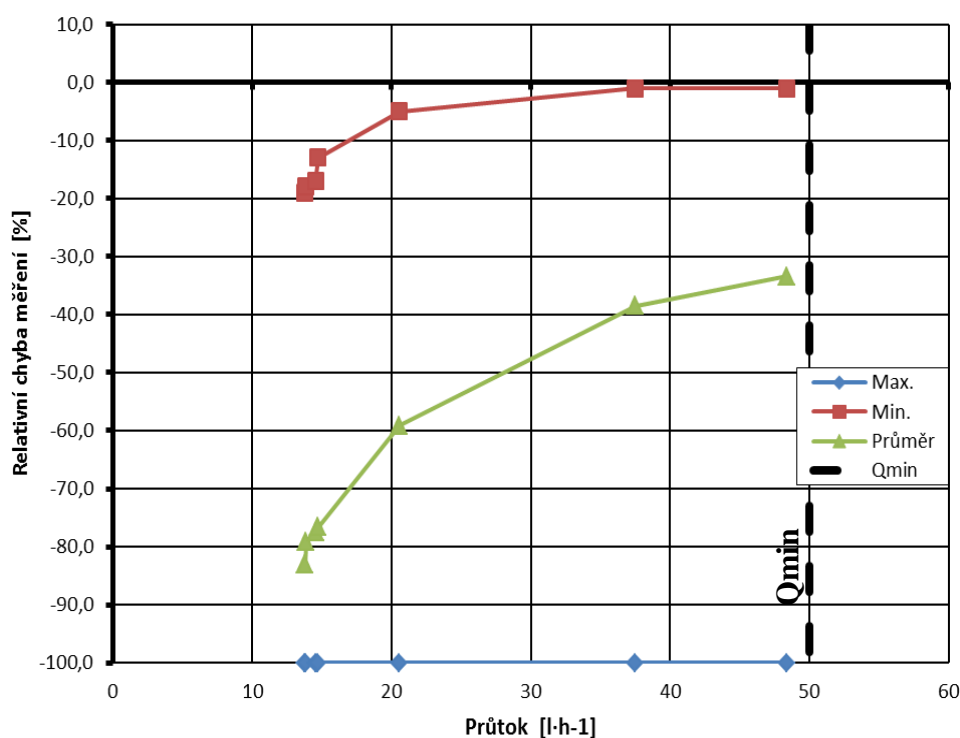
Graf 5. 2. Výsledky měření 1. sady při tlaku 3,0 bar

Z grafů vyplývá, že nejméně přesný vodoměr pro všechna měření neindikoval žádný průtok a jeho relativní chyba je tedy rovna sta procent. Naopak nejpřesnější vodoměr má velice strmý nárůst přesnosti a už při průtoku kolem 25 l·h<sup>-1</sup> vykazuje přesnost, která je garantovaná až od 50 l·h<sup>-1</sup>. Nicméně z aritmetického průměru relativních chyb všech vodoměrů vyplývá, že při 50 l·h<sup>-1</sup> je relativní chyba rovna 35% a se snižováním průtoku značně roste. Práh citlivosti vodoměru je podle těchto měření přibližně 8 l·h<sup>-1</sup>.

<b>Provozovatel:</b>	1.sada_4bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H, různé typy, stáří 5 let	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 7. Výsledky pro sadu č. 1 při tlaku 4,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
14	-100	-100	-100	-100	-100	-19	-88	-100	-100	-24	-100	-19	-83
14	-100	-51	-100	-100	-100	-18	-100	-100	-100	-23	-100	-18	-79
15	-100	-46	-100	-100	-100	-17	-90	-100	-100	-21	-100	-17	-77
15	-100	-38	-100	-100	-100	-13	-96	-100	-100	-19	-100	-13	-77
21	-100	-18	-100	-53	-100	-6	-5	-100	-100	-9	-100	-5	-59
38	-58	-1	-100	-8	-99	3	1	-100	-21	-2	-100	-1	-39
48	-29	1	-100	-4	-100	4	4	-100	-11	1	-100	-1	-33



**Graf 5. 3. Výsledky měření 1. sady při tlaku 4,0 bar**

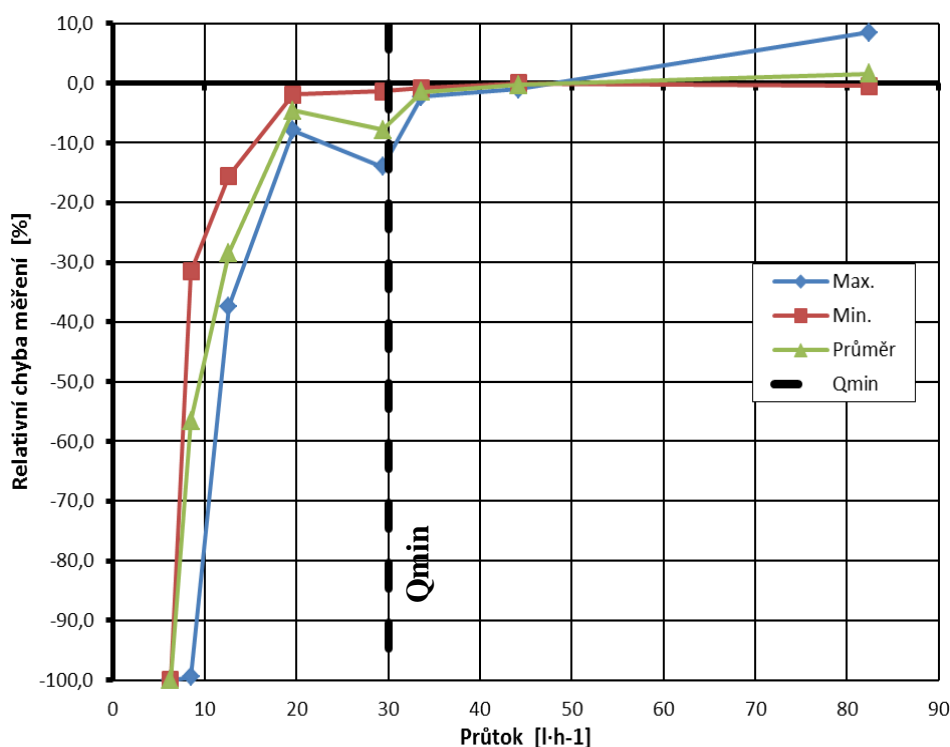
U měření při tlaku 4,0 bar je průběh chyb velice podobný jako u předchozích měření 1. sady. U tohoto měření se však nepodařilo určit práh citlivosti vodoměru.

**2. sada vodoměrů**

<b>Provozovatel:</b>	2. sada	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H, různé typy, stáří 5 let	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,030 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 8. Výsledky pro sadu č. 2 při tlaku 2,0 bar**

Průtok	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
[ l·h <sup>-1</sup> ]	[ % ]										[ % ]		
6	-100	-100	-100	-100	-100						-100	-100	-100
9	-48	-32	-39	-100	-65						-100	-32	-57
13	-24	-15	-37	-32	-33						-37	-15	-28
20	-5	-3	-2	-5	-8						-8	-2	-5
29	-14	-1	-14		-2						-14	-1	-8
34	-1		-2	-2	-1						-2	-1	-2
44	-1	0	1	0	-1						-1	0	0
82	0	-1	1	0	9						9	0	2

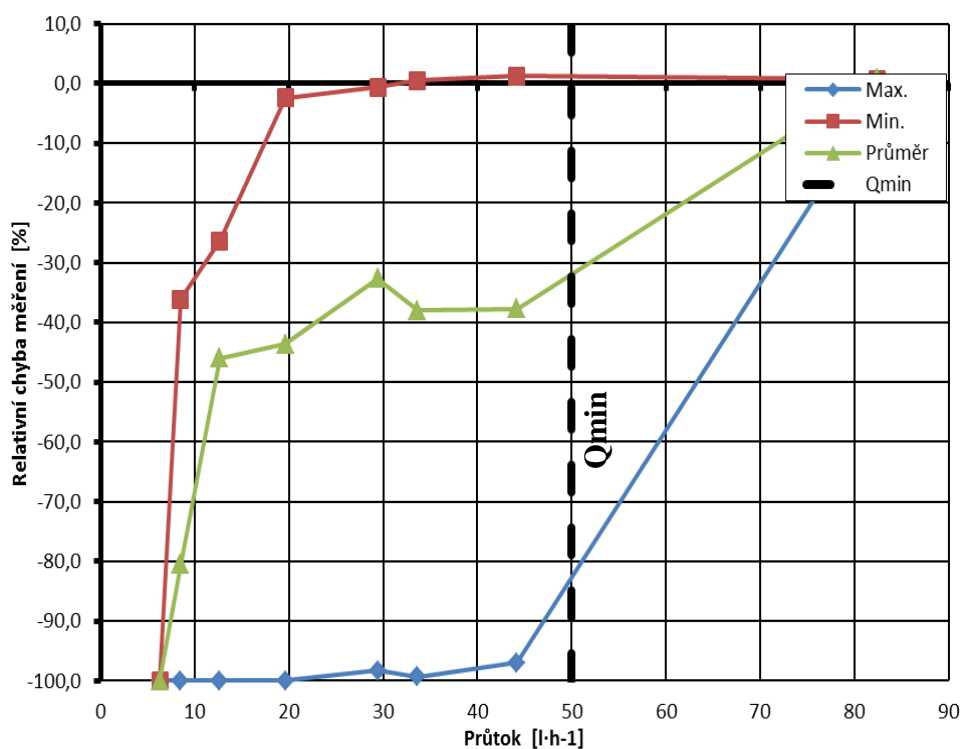
**Graf 5. 4. Výsledky měření 2. sady při tlaku 2,0 bar**

Druhá sada vodoměrů byla atypická od ostatních. V této sadě se nacházelo 5 kusů vodoměrů se jmenovitým průtokem  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ . U těchto vodoměrů je posunuta hranice minimálního průtoku na hodnotu  $30 \text{ l} \cdot \text{h}^{-1}$ . Je tedy zřejmé, že tyto vodoměry jsou značně přesnější.

<b>Provozovatel:</b>	2. sada	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H, různé typy, stáří 5 let	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 9. Výsledky pro sadu č. 2 při tlaku 2,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
6						-100	-100	-100	-100		-100	-100	-100
9						-68	-98	-100	-100	-36	-100	-36	-81
13						-27	-30	-100		-26	-100	-26	-46
20						-6	-11	-100	-100	-2	-100	-2	-44
29						-1	-2	-98	-60	-3	-98	-1	-33
34						1	0	-91	-99	-1	-99	1	-38
44						2	1	-15	-97	-81	-97	1	-38
82						3	3	-1	-1	1	-3	1	1



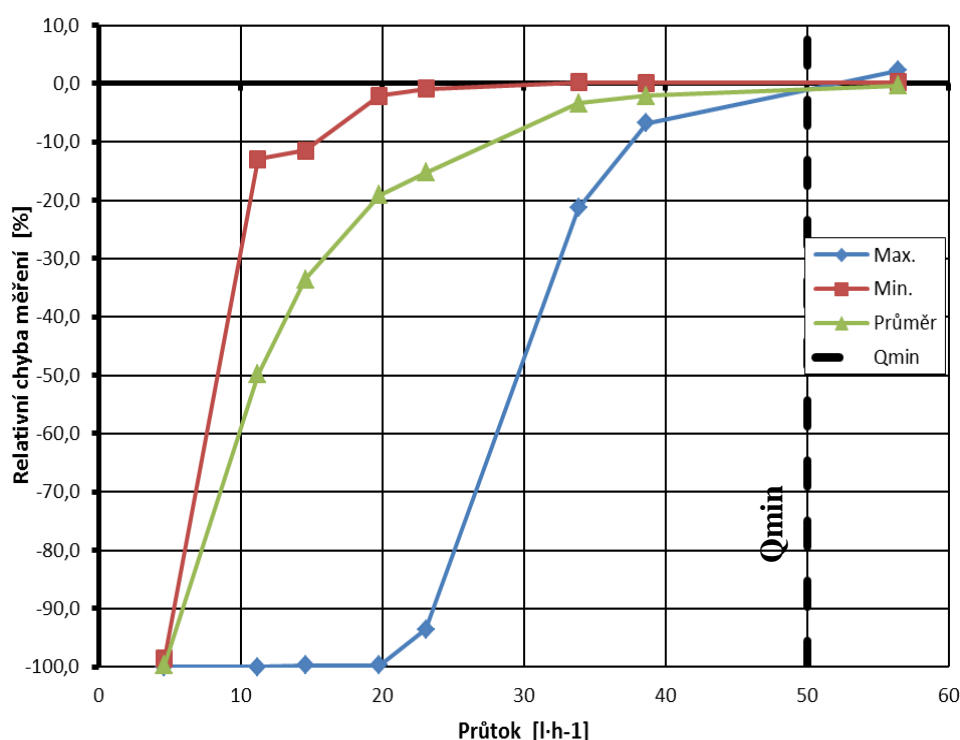
**Graf 5. 5. Výsledky měření 2. sady při tlaku 2,0 bar**

### 3.sada vodoměrů

<b>Provozovatel:</b>	3.sada_2bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 10. Výsledky pro sadu č. 3 při tlaku 2,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
5	-100	-100	-100	-98	-99	-98	-100	-100	-100	-100	-100	-98	-100
11	-37	-25	-89	-13	-37	-28	-100	-99	-36	-35	-100	-13	-50
15	-24	-15	-51	-12	-20	-17	-100	-59	-18	-22	-100	-12	-34
20	-10	-6	-25	-2	-9	-8	-100	-14	-7	-10	-100	-2	-19
23	-7	-5	-18	-1	-6	-5	-94	-7	-5	-6	-94	-1	-15
34	-2	-1	-7	0	-2	-2	-21	4	-2	-2	-21	0	-3
39	-2	-1	-5	0	-2	-2	-7	0	-1	-1	-7	0	-2
56	-1	0	-1	0	-1	0	2	0	-1	-1	2	0	0



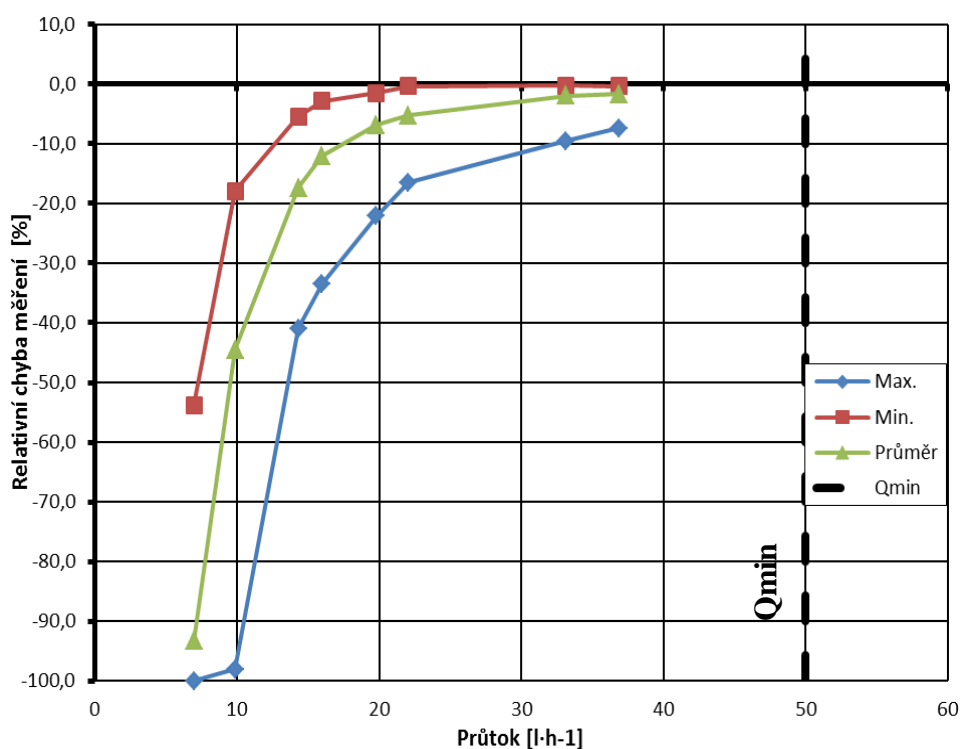
**Graf 5. 6. Výsledky měření 3. sady při tlaku 2,0 bar**

Z grafu je patrné, že při tlaku 2,0 bar nejméně přesný vodoměr neindikuje žádný průtok až do 20 l·h<sup>-1</sup>. Poté však dochází ke strmému nárůstu přesnosti a při 40 l·h<sup>-1</sup> vykazuje požadovanou přesnost. Nejpresnější vodoměr při měření má opět strmý nárůst přesnosti a už od 20 l·h<sup>-1</sup> měří téměř bez odchylky.

<b>Provozovatel:</b>	3.sada_3bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Tabulka 5. 11. Výsledky pro sadu č. 3 při tlaku 3,0 bar

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
7	-98	-54	-100	-98	-89	-99	-100	-100	-99	-97	-100	-54	-93
10	-36	-26	-90	-18	-28	-38	-98	-33	-38	-41	-98	-18	-44
14	-15	-9	-41	-5	-10	-14	-31	-6	-15	-27	-41	-5	-17
16	-12	-7	-33	-4	-9	-11	-24	-5	-11	-3	-33	-3	-12
20	-8	-4	-22	-1	-5	-6	-6	-2	-6	-7	-22	-1	-7
22	-5	-4	-16	0	-3	-5	0	-3	-7	-8	-16	0	-5
33	-2	-1	-6	1	-1	-9	1	0	0	-2	-9	0	-2
37	-1	-1	-5	1	0		0	-7	0	-1	-7	0	-2



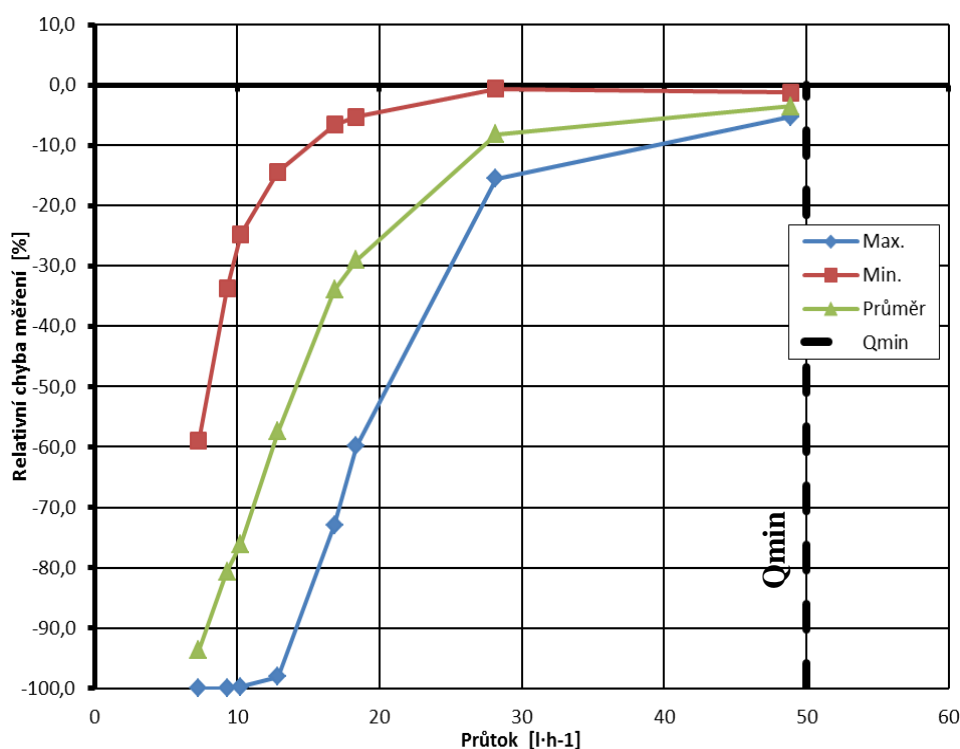
Graf 5. 7. Výsledky měření 3. sady při tlaku 3,0 bar

Při zvýšení tlaku na 3,0 bar dochází u nejméně přesného vodoměru k posunu prahu citlivosti vodoměru z 20 l·h<sup>-1</sup> na 10 l·h<sup>-1</sup>. Dále jako u předchozích případů dochází ke strmému nárůstu přesnosti.

<b>Provozovatel:</b>	3.sada_4bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 12. Výsledky pro sadu č. 3 při tlaku 4,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
7	-100	-100	-59	-100	-79	-100	-100	-99	-100	-100	-100	-59	-94
9	-97	-99	-36	-97	-34	-49	-100	-95	-100	-100	-100	-34	-81
10	-97	-100	-29	-92	-25	-34	-100	-85	-99	-100	-100	-25	-76
13	-60	-92	-17	-40	-14	-20	-94	-45	-93	-98	-98	-14	-57
17	-37	-52	-8	-22	-7	-10	-54	-24	-54	-73	-73	-7	-34
18	-31	-41	-7	-21	-5	-18	-43	-20	-45	-60	-60	-5	-29
28	-3	-11	-3	-10	-13	-1	-7	-15	-8	-12	-15	-1	-8
49	-2	-4	-1	-4	-5	-1	-3	-5	-4	-5	-5	-1	-4



**Graf 5. 8. Výsledky měření 3. sady při tlaku 4,0 bar**

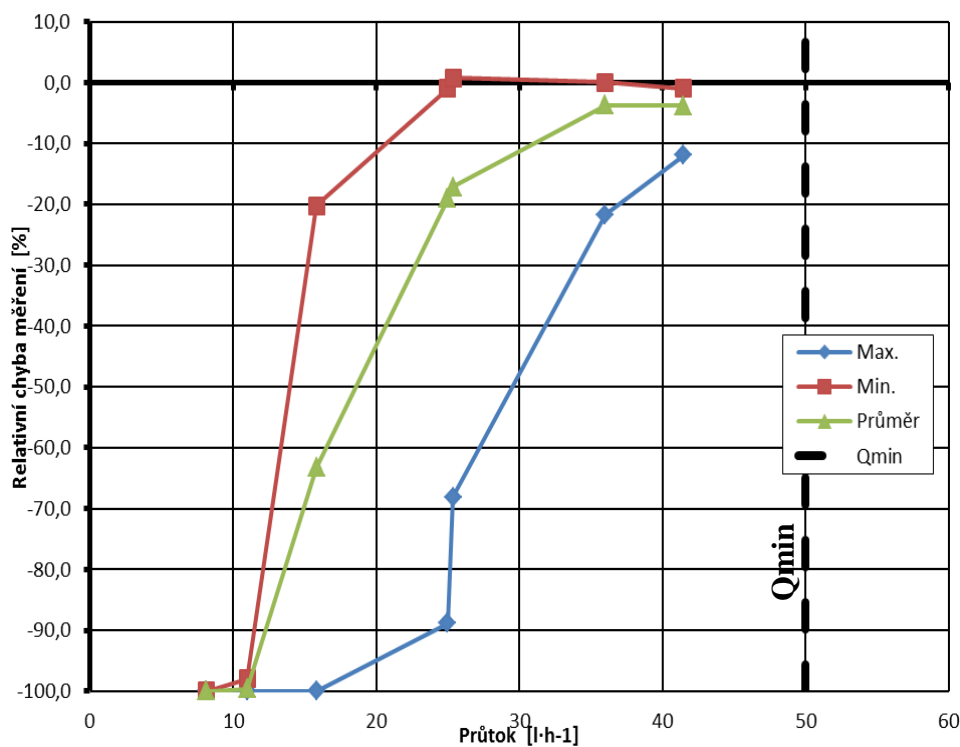


#### 4. sada vodoměrů

<b>Provozovatel:</b>	4.sada_2bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,030 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 13. Výsledky pro sadu č. 4 při tlaku 2,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
8	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
11	-100	-98	-99	-100	-100	-100	-100	-100	-99	-100	-100	-98	-100
16	-100	-20	-32	-97	-98	-33	-91	-58	-48	-56	-100	-20	-63
25	-16	-4	-5	-10	-22	-16	-22	-89	-7	-1	-89	-1	-19
25	-45	1	-5	-68	-12	-2	-8	-8	-7	-17	-68	1	-17
36	-22	0	-4	-3	1	0	1	-3	-4	-4	-22	0	-4
41	-12	-1	-2	-3	-7	-4	-7	-2	-2	3	-12	-1	-4

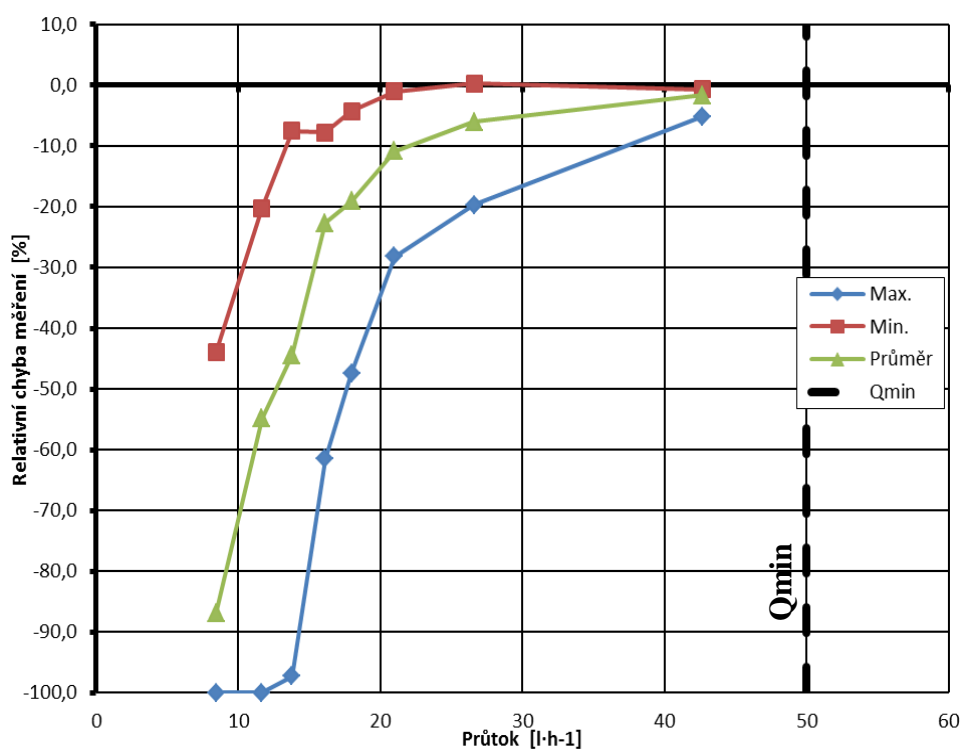


**Graf 5. 9. Výsledky měření 4. sady při tlaku 2,0 bar**

<b>Provozovatel:</b>	4.sada_3bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 14. Výsledky pro sadu č. 4 při tlaku 3,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
8	-100	-56	-75	-99	-100	-100	-100	-100	-95	-44	-100	-44	-87
12	-96	-27	-32	-35	-100	-61	-51	-100	-27	-20	-100	-20	-55
14	-95	-17	-21	-22	-97	-48	-33	-89	-8	-13	-97	-8	-44
16	-38	-12	-14	-15	-62	-35	-21	-10	-12	-8	-62	-8	-23
18	-41	-9	-10	-12	-29	-47	-13	-4	-19	-5	-47	-4	-19
21	-20	-6	-8	-7	-22	-28	-8	-1	-6	-2	-28	-1	-11
27	-4	-3	-5	-4	-14	-20	-8	0	-4	0	-20	0	-6
43	-4	-1	-3	-2	-5	-1	-2	1	-2	2	-5	-1	-2

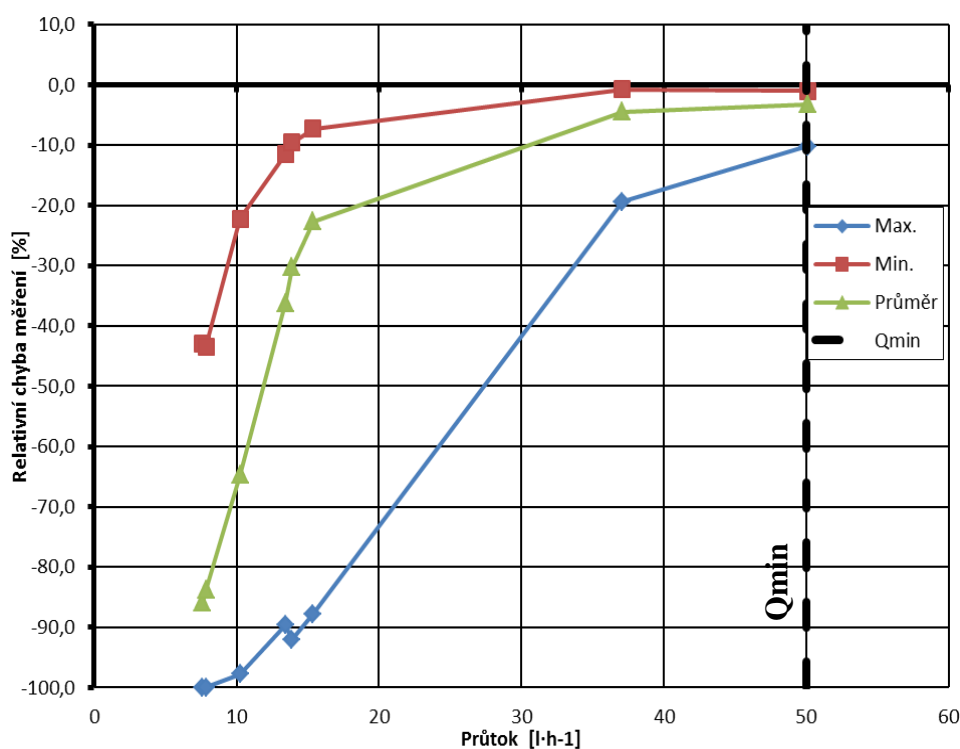


**Graf 5. 10. Výsledky měření 4. sady při tlaku 3,0 bar**

<b>Provozovatel:</b>	4.sada_4bar	<b>Voda:</b>	pitná dle 252/2004 Sb.
<b>Lokalita:</b>	Brno	<b>Voda LI:</b>	nehodnoceno
<b>Vodoměry:</b>	B, H	<b>Voda RI:</b>	nehodnoceno
<b>Jmenovitý průtok:</b>	$Q_n = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	<b>Minimální průtok:</b>	$Q_{\min} = 0,050 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

**Tabulka 5. 15. Výsledky pro sadu č. 4 při tlaku 4,0 bar**

Průtok [ l·h <sup>-1</sup> ]	Relativní chyba měření										Vyhodnocení		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Max.	Min.	Průměr
	[ % ]										[ % ]		
8	-100	-99	-98	-95	-100	-98	-94	-43	-82	-48	-100	-43	-86
8	-100	-95	-99	-94	-100	-97	-96	-57	-56	-43	-100	-43	-84
10	-94	-50	-85	-75	-98	-81	-57	-22	-62	-24	-98	-22	-65
13	-74	-29	-26	-19	-90	-16	-24	-12	-13	-61	-90	-12	-36
14	-70	-17	-22	-16	-92	-14	-20	-10	-32	-10	-92	-10	-30
15	-33	-12	-17	-17	-88	-11	-18	-8	-16	-7	-88	-7	-23
37	-19	-1	-10	-2	-7	-6	-2	1	-2	2	-19	-1	-5
50	-10	-1	-1	-1	-4	-7	-3	1	-7	2	-10	-1	-3



**Graf 5. 11. Výsledky měření 4. sady při tlaku 4,0 bar**

### 5.3 KATALOG PRŮTOKŮ

Pro vizuální představu byl vytvořen katalog průtoků. Fotografie jsou pořízené při průtocích přibližně 5, 20, 35 a 50 l·hod<sup>-1</sup>. U jednotlivých fotografií jsou v tabulce vypsány hodnoty chyb měření jednotlivých sad vodoměrů při daném průtoku.



Obrázek 15. Průtok ~ 5 l·hod<sup>-1</sup> [20]



Obrázek 16. Průtok ~ 20 l·hod<sup>-1</sup> [20]

Tabulka 5. 16. Chyby při průtoku 5 l·hod<sup>-1</sup>

		1.	2. <sup>1)</sup>	3.	4.
2,0 bar	Min	-100%	-100%	-98%	-100%
	Prům.	-100%	-100%	-100%	-100%
	Max	-100%	-100%	-100%	-100%
3,0 bar	Min	-100%	-	-	-
	Prům.	-100%	-	-	-
	Max	-100%	-	-100%	-100%
4,0 bar	Min	-	-	-	-
	Prům.	-	-	-	-
	Max	-	-	-100%	-100%

Tabulka 5. 17. Chyby při průtoku 20 l·hod<sup>-1</sup>

		1.	2. <sup>1)</sup>	3.	4.
2,0 bar	Min	-25%	-3%	-3%	-11%
	Prům.	-86%	-45%	-20%	-42%
	Max	-100%	-100%	-100%	-95%
3,0 bar	Min	-10%	-	-2%	-2%
	Prům.	-70%	-	-7%	-13%
	Max	-100%	-	-21%	-35%
4,0 bar	Min	-5%	-	-5%	-6%
	Prům.	-60%	-	-25%	-19%
	Max	100%	-	-52%	-73%

Pozn. 1) Uvedené chyby pro 2. sadu jsou pro vodoměry se jmenovitým průtokem 2,5 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>



Obrázek 17. Průtok  $\sim 35 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$  [20]



Obrázek 18. Průtok  $\sim 50 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$  [20]

Tabulka 5. 18. Chyby při průtoku  $35 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$

		1.	2. <sup>1)</sup>	3.	4.
2,0 bar	Min	-3%	1%	-1%	0%
	Prům.	-65%	-38%	-15%	-4%
	Max	-100%	-99%	-21%	-22%
3,0 bar	Min	-1%	-	0%	0%
	Prům.	-45%	-	-2%	-4%
	Max	-100%	-	-8%	-12%
4,0 bar	Min	-1%	-	0%	-1%
	Prům.	-42%	-	-8%	-5%
	Max	-100%	-	-12%	-21%

Tabulka 5. 19. Chyby při průtoku  $50 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$

		1.	2. <sup>1)</sup>	3.	4.
2,0 bar	Min	1%	1%	0%	-
	Prům.	-40%	-32%	0%	-
	Max	-100%	-84%	-1%	-
3,0 bar	Min	0%	-	-	-
	Prům.	-36%	-	-	-
	Max	-100%	-	-	-
4,0 bar	Min	0%	-	-1%	-1%
	Prům.	-33%	-	-4%	-3%
	Max	-100%	-	-5%	-10%

Pozn. 1) Uvedené chyby pro 2. sadu jsou pro vodoměry se jmenovitým průtokem  $2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

## 6 ZÁVĚR

V teoretické části bakalářské práce byla provedena rešerše aktuálního stavu techniky v oblasti domovních vodoměrů, legislativní úpravy této problematiky v České republice a platných norem. Nejprve zde byly popsány základní typy, funkce, vlastnosti a provedení vodoměrů. Dále byly shrnuty veškeré podmínky pro správný výběr velikosti vodoměru, jejich instalaci, provoz a zkoušení.

Úkolem praktické části této práce bylo stanovení přesnosti domovních vodoměrů. Přesnost vodoměrů byla stanovována při podlimitních průtocích. U těchto průtoků není žádnou platnou legislativou stanoveno, jakých nepřesností se může vodoměr dopouštět, tak aby byl stále vyhovující. Nepřesnost vodoměrů při takto malých průtocích má dopad na fakturaci za odebranou vodu. Velikost dopadu závisí na tom, jak velké procento z celkového odběru vody protéká přes vodoměr podlimitním průtokem. To je dáno také velikostí instalovaného vodoměru. Je tedy potřeba řádně zvážit velikosti instalovaného vodoměru.

Z výsledků měření je patrné, že vyměňování a ověřování měřidel po šesti letech je naprosto opodstatněné. Když se podíváme na 1. sadu vodoměrů (5 let v provozu) tak má podstatně horší přesnost než 3. a 4. sada (nové vodoměry). Zejména při takto malých průtocích jsou odchylky velice značné. Bylo by tedy třeba provádět kalibraci a ověřování v kratších časových intervalech. To však může být neekonomické. Opět tedy záleží, jak velké procento odběrů protéká vodoměrem při podlimitním průtokem, aby provozovatelé mohli určit, co je pro ně ekonomicky nejvýhodnější. Zda měřidlo překalibrovat, vyměnit nebo z důvodu nepřesného měření nedostat za odběry zapláceno.

Samotné laboratorní probíhalo díky vhodně zvolené metodice velice dobře. Měření bylo časově náročné, ale nebylo doprovázeno žádnými komplikacemi.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] TESÁŘÍK, Igor. *Vodárenství: Technický průvodce* 7. První. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, n. p., 1985.
- [2] HAVLÍK, Vladimír. *Možnosti využití technicko-provozních ukazatelů k posuzování ztrát vody ve vodovodních sítích*. SOVAK. 2004, roč. 13, č. 4, s. 5-7. ISSN 1210-3039
- [3] *Češi balamutí vodoměry*. Novinky.cz [online]. 2014, č. 1 [cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/finance/330655-cesi-balamuti-vodomery-silny-magnet-zpomali-otacky.html>
- [4] Vyhláška č. 334/2000 Sb., kterou se stanoví požadavky na vodoměry na studenou vodu označované značkou EHS, ve znění pozdějších předpisů, Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
- [5] CHEJNOVSKÝ, Pavel. *Vodárenství - vodovodní sítě*. Líbeznice: Medim, spol. s r. o., 2007. ISBN 978-80-87140-04-8.
- [6] *Měření neelektrických veličin*. Home.zcu.cz [online]. 2009 [cit. 2014-05-25]. Původní obrázek ve formátu GIF. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~formanek/mmvvuka/Data/neelektrika/uvod.htm>
- [7] Zákon č. 505/1990 Sb. o metrologii. In: Sbírka zákonů. 17. 12. 1990.
- [8] ČSN EN 14154-1+A2. *Vodoměry - Část 1: Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 12/2011.
- [9] *Výměna vodoměrů. Dálkový odečet, aneb jak to funguje v praxi* [online]. 2012 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.vymenavodomeru.cz/index.php?p=126>
- [10] MULTICAL 21. *Dálkové odečítání vodoměrů* [online]. 2013 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.multical21.cz/cz/d%C3%A1lkov%C3%A9-ode%C4%8D%C3%ADt%C3%A1n%C3%AD-vodom%C4%9Br%C5%AF.aspx>
- [11] ŠEVČÍK, Jiří. *Nové poznatky a metody pro snižování ztrát vody. ATJ Special s.r.o.* [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.vakinfo.cz/konference-sovak-2010/prezentace/nove-poznatky-ametody-pro-snizovani-ztrat-vody>
- [12] ČSN EN 755411. *Vodovodní přípojky*. Praha: Český normalizační institut, 04/2006
- [13] *Portál eAGRI – resortní portál Ministerstva zemědělství* [online]. c2009-2011 [cit. 2014-05-25]. Metodický pokyn pro určení optimální velikosti fakturačního vodoměru a profilu vodovodní přípojky. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/34659/MP10535\\_02.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/34659/MP10535_02.pdf)
- [14] Zákon č. 119/2000 Sb. kterým se mění zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, a zákon č. 20/1993 Sb., o zabezpečení výkonu státní správy v oblasti technické normalizace, metrologie a státního zkušebnictví, ve znění zákona č. 22/1997 Sb.
- [15] Vyhláška č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření, Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky

- [16] *Vodoměry.cz – vodoměry a měřiče tepla. Repase vodoměrů* [online]. 2014 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.vodomery.cz/opravy-a-overeni/repase-vodomeru>
- [17] Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích). In: Sbírka zákonů. 10. 07. 2001.
- [18] ČSN EN 14154-3+A2. *Vodoměry - Část 3: Zkušební metody a zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 12/2011.
- [19] ČSN EN 75 5455. *Výpočet vnitřních vodovodů*. Praha: Český normalizační institut, 07/2007
- [20] ZVEJŠKA Tomáš. [Fotografie]. V: Gruna, 2014



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. 1. Metrologické třídy vodoměrů.....	- 12 -
Tabulka 2. 1. Rozměry měřidla <sup>[8]</sup> .....	- 17 -
Tabulka 3. 1. Velikosti vodoměru <sup>[13]</sup> .....	- 22 -
Tabulka 5. 1. Vlastnosti sady č. 1 .....	- 28 -
Tabulka 5. 2. Vlastnosti sady č. 2 .....	- 28 -
Tabulka 5. 3. Vlastnosti sady č. 3 .....	- 28 -
Tabulka 5. 4. Vlastnosti sady č. 4 .....	- 28 -
Tabulka 5. 5. Výsledky pro sadu č. 1 při tlaku 2,0 bar .....	- 33 -
Tabulka 5. 6. Výsledky pro sadu č. 1 při tlaku 3,0 bar .....	- 34 -
Tabulka 5. 7. Výsledky pro sadu č. 1 při tlaku 4,0 bar .....	- 35 -
Tabulka 5. 8. Výsledky pro sadu č. 2 při tlaku 2,0 bar .....	- 36 -
Tabulka 5. 9. Výsledky pro sadu č. 2 při tlaku 2,0 bar .....	- 37 -
Tabulka 5. 10. Výsledky pro sadu č. 3 při tlaku 2,0 bar .....	- 38 -
Tabulka 5. 11. Výsledky pro sadu č. 3 při tlaku 3,0 bar .....	- 39 -
Tabulka 5. 12. Výsledky pro sadu č. 3 při tlaku 4,0 bar .....	- 40 -
Tabulka 5. 13. Výsledky pro sadu č. 4 při tlaku 2,0 bar .....	- 41 -
Tabulka 5. 14. Výsledky pro sadu č. 4 při tlaku 3,0 bar .....	- 42 -
Tabulka 5. 15. Výsledky pro sadu č. 4 při tlaku 4,0 bar .....	- 43 -
Tabulka 5. 16. Chyby při průtoku 5 l·hod <sup>-1</sup> .....	- 44 -
Tabulka 5. 17. Chyby při průtoku 20 l·hod <sup>-1</sup> .....	- 44 -
Tabulka 5. 18. Chyby při průtoku 35 l·hod <sup>-1</sup> .....	- 45 -
Tabulka 5. 19. Chyby při průtoku 50 l·hod <sup>-1</sup> .....	- 45 -

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Schéma složek vody <sup>[2]</sup> .....	- 10 -
Obrázek 2. Křivka chyb vodoměru .....	- 11 -
Obrázek 3. Domovní vodoměr .....	- 13 -
Obrázek 4. Lopatkový vodoměr <sup>[6]</sup> .....	- 14 -
Obrázek 5. Šroubový vodoměr <sup>[6]</sup> .....	- 12 -
Obrázek 6. Clona <sup>[5]</sup> .....	- 15 -
Obrázek 7. Dýza <sup>[5]</sup> .....	- 13 -
Obrázek 8. Venturiho trubice <sup>[5]</sup> .....	- 15 -
Obrázek 9. Rozměry měřidla <sup>[8]</sup> .....	- 16 -
Obrázek 10. Měřidlo s vyměnitelnou metrologickou jednotkou <sup>[8]</sup> .....	- 17 -
Obrázek 11. Příklad dálkového odečtu vodoměru <sup>[5]</sup> .....	- 18 -
Obrázek 12. UFR dělí průtok do dávek <sup>[11]</sup> .....	- 19 -
Obrázek 13. Příklad vodoměrné sestavy .....	- 21 -
Obrázek 14. Schéma měřící kolony .....	- 30 -
Obrázek 15. Průtok $\sim 5 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ <sup>[20]</sup> .....	- 44 -
Obrázek 16. Průtok $\sim 20 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ <sup>[20]</sup> .....	- 42 -
Obrázek 17. Průtok $\sim 35 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ <sup>[20]</sup> .....	- 45 -
Obrázek 18. Průtok $\sim 50 \text{ l} \cdot \text{hod}^{-1}$ <sup>[20]</sup> .....	- 43 -

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 5. 1. Výsledky měření 1. sady při tlaku 2,0 bar.....	- 33 -
Graf 5. 2. Výsledky měření 1. sady při tlaku 3,0 bar.....	- 34 -
Graf 5. 3. Výsledky měření 1. sady při tlaku 4,0 bar.....	- 35 -
Graf 5. 4. Výsledky měření 2. sady při tlaku 2,0 bar.....	- 36 -
Graf 5. 5. Výsledky měření 2. sady při tlaku 2,0 bar.....	- 37 -
Graf 5. 6. Výsledky měření 3. sady při tlaku 2,0 bar.....	- 38 -
Graf 5. 7. Výsledky měření 3. sady při tlaku 3,0 bar.....	- 39 -
Graf 5. 8. Výsledky měření 3. sady při tlaku 4,0 bar.....	- 40 -
Graf 5. 9. Výsledky měření 4. sady při tlaku 2,0 bar.....	- 41 -
Graf 5. 10. Výsledky měření 4. sady při tlaku 3,0 bar .....	- 42 -
Graf 5. 11. Výsledky měření 4. sady při tlaku 4,0 bar .....	- 43 -

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

DN	jmenovitá světlost
$H_1$	výška hranolu
$H_2$	výška hranolu
L	délka hranolu
$n_i$	počet výtokových armatur stejného typu
Q	průtok
$Q_A$	jmenovitý výtok
$Q_{\max}$	maximální průtok
$Q_{\min}$	minimální průtok
$Q_N$	jmenovitý průtok
$Q_t$	přechodný průtok
t	doba měření
UFR	Unmeasured Flow Reducer
$V_a$	skutečný objem
$V_i$	indikovaný objem
$W_1$	šířka hranolu
$W_2$	šířka hranolu
$\varepsilon$	relativní chyba